

50120736US00

J1033 U.S. PTO
09/855373
05/15/01

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

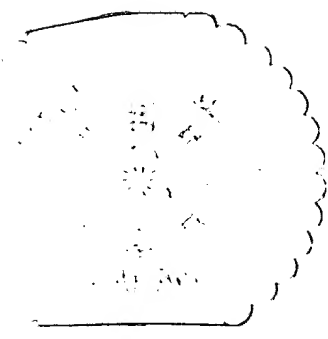
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application: 2000年 5月15日

出 願 番 号
Application Number: 特願2000-141934

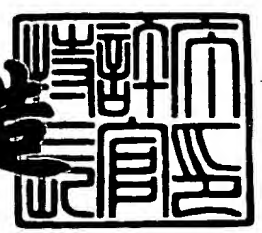
出 願 人
Applicant(s): ソニー株式会社



2001年 4月20日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3031670

【書類名】 特許願

【整理番号】 00003770

【提出日】 平成12年 5月15日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06T 15/00

【発明の名称】 3次元モデル処理装置および3次元モデル処理方法、並びにプログラム提供媒体

【請求項の数】 17

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区東五反田1丁目14番10号 株式会社ソニー木原研究所内

【氏名】 開 哲一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区東五反田1丁目14番10号 株式会社ソニー木原研究所内

【氏名】 勢川 博之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区東五反田1丁目14番10号 株式会社ソニー木原研究所内

【氏名】 塩谷 浩之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区東五反田1丁目14番10号 株式会社ソニー木原研究所内

【氏名】 阿部 友一

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代表者】 出井 伸之

【代理人】

【識別番号】 100101801

【弁理士】

【氏名又は名称】 山田 英治

【電話番号】 03-5541-7577

【選任した代理人】

【識別番号】 100093241

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮田 正昭

【電話番号】 03-5541-7577

【選任した代理人】

【識別番号】 100086531

【弁理士】

【氏名又は名称】 澤田 俊夫

【電話番号】 03-5541-7577

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 062721

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9904833

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 3次元モデル処理装置および3次元モデル処理方法、並びにプログラム提供媒体

【特許請求の範囲】

【請求項1】

3次元センサから入力される3次元位置情報に基づいて、ディスプレイに表示される3次元モデルの変形処理、ペイント処理等の各種処理を実行する3次元モデル処理装置であり、

ディスプレイに表示された処理対象である3次元モデルに対して処理ツールによる処理の実行される位置としての作用点または作用領域を、処理ツール位置に従属する位置として設定し、設定した作用点または作用領域において前記3次元モデルに対する処理を実行する制御手段を有することを特徴とする3次元モデル処理装置。

【請求項2】

前記制御手段は、

前記作用点または作用領域と、前記3次元モデルとの重なり部分を処理実行位置として設定する制御を実行する構成であることを特徴とする請求項1に記載の3次元モデル処理装置。

【請求項3】

前記制御手段は、

前記作用点または作用領域をディスプレイに明示的に表示する制御を実行する構成であることを特徴とする請求項1に記載の3次元モデル処理装置。

【請求項4】

前記作用点または作用領域は、処理ツールに従属する位置として、変更設定による更新処理可能な構成であり、

前記制御手段は、

前記更新処理がなされた場合は、該更新された作用点または作用領域において前記3次元モデルに対する処理を実行する構成であることを特徴とする請求項1に記載の3次元モデル処理装置。

【請求項 5】

前記制御手段は、

前記作用点を処理対象となる 3 次元モデルの表面位置に拘束して移動可能とする制御を実行する構成を有することを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元モデル処理装置。

【請求項 6】

前記作用領域は、処理ツールの形状に対応した形状を有する領域として設定され、

前記制御手段は、

前記処理ツールの形状に対応した形状を有する領域として設定された作用領域の形状に従った処理を 3 次元モデルに対して実行する構成を有することを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元モデル処理装置。

【請求項 7】

前記制御手段は、

前記作用点、または作用領域と前記 3 次元モデルとの重なり部を検知したことを条件として、3 次元モデルに対する処理を実行する構成であることを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元モデル処理装置。

【請求項 8】

前記制御手段は、

前記作用点、または作用領域が前記 3 次元モデルとの重なり部を検知し、かつ、入力手段からの処理指示を受領したことを条件として、3 次元モデルに対する処理を実行する構成であることを特徴とする請求項 1 に記載の 3 次元モデル処理装置。

【請求項 9】

3 次元センサから入力される 3 次元位置情報に基づいて、ディスプレイに表示される 3 次元モデルの変形処理、ペイント処理等の各種処理を実行する 3 次元モデル処理方法であり、

ディスプレイに表示された処理対象である 3 次元モデルに対して処理ツールによる処理の実行される位置としての作用点または作用領域を、処理ツール位置に

従属する位置として設定するステップと、

前記作用点または作用領域において前記 3 次元モデルに対する処理を実行するステップと、

を有することを特徴とする 3 次元モデル処理方法。

【請求項 1 0】

前記 3 次元モデル処理方法において、さらに、

前記作用点または作用領域と、前記 3 次元モデルとの重なり部分を処理実行位置として設定するステップ、

を有することを特徴とする請求項 9 に記載の 3 次元モデル処理方法。

【請求項 1 1】

前記 3 次元モデル処理方法において、さらに、

前記作用点または作用領域をディスプレイに明示的に表示するステップ、

を有することを特徴とする請求項 9 に記載の 3 次元モデル処理方法。

【請求項 1 2】

前記作用点または作用領域は、処理ツールに従属する位置として、変更設定による更新処理可能な構成であり、

前記更新処理がなされた場合は、該更新された作用点または作用領域において前記 3 次元モデルに対する処理を実行することを特徴とする請求項 9 に記載の 3 次元モデル処理方法。

【請求項 1 3】

前記 3 次元モデル処理方法において、

前記作用点を処理対象となる 3 次元モデルの表面位置に拘束して移動可能とする制御を実行することを特徴とする請求項 9 に記載の 3 次元モデル処理方法。

【請求項 1 4】

前記作用領域は、処理ツールの形状に対応した形状を有する領域として設定され、

前記処理ツールの形状に対応した形状を有する領域として設定された作用領域の形状に従った処理を 3 次元モデルに対して実行することを特徴とする請求項 9 に記載の 3 次元モデル処理方法。

【請求項 1 5】

前記 3 次元モデル処理方法において、

前記作用点、または作用領域と前記 3 次元モデルとの重なり部を検知したことを条件として、3 次元モデルに対する処理を実行することを特徴とする請求項 9 に記載の 3 次元モデル処理方法。

【請求項 1 6】

前記 3 次元モデル処理方法において、

前記作用点、または作用領域が前記 3 次元モデルとの重なり部を検知し、かつ、入力手段からの処理指示を受領したことを条件として、3 次元モデルに対する処理を実行する構成であることを特徴とする請求項 9 に記載の 3 次元モデル処理方法。

【請求項 1 7】

3 次元センサから入力される 3 次元位置情報に基づいて、ディスプレイに表示される 3 次元モデルの変形処理、ペイント処理等の各種処理をコンピュータ・システム上で実行せしめるコンピュータ・プログラムを提供するプログラム提供媒体であって、前記コンピュータ・プログラムは、

ディスプレイに表示された処理対象である 3 次元モデルに対して処理ツールによる処理の実行される位置としての作用点または作用領域を、処理ツール位置に従属する位置として設定するステップと、

前記作用点または作用領域において前記 3 次元モデルに対する処理を実行するステップと、

を有することを特徴とするプログラム提供媒体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、パーソナルコンピュータ等のディスプレイ上に表示した 3 次元モデルに変形、ペイント等の処理を施すための 3 次元モデル処理装置および 3 次元モデル処理方法、並びにプログラム提供媒体に関する。さらに詳細には、ディスプレイに表示した 3 次元モデルに対応する仮想オブジェクトとしての対象オブジェ

クトツールと、形状変更ツール、ペイントツール等の各種編集ツールとをオペレータが操作することにより、オペレータの操作に応じてディスプレイに表示した3次元モデルの形状、色彩等の各種属性を変更して表示することを可能とした3次元モデル処理装置および3次元モデル処理方法、並びにプログラム提供媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】

既存のコンピュータグラフィックスソフトや3次元CADに代表されるモデリング用のソフトウェアでは、3次元空間中に定義される3次元モデルを変形するには、キーボードやマウスに代表される2次元入力デバイスを用いる方法が主流である。しかし、これらは3次元モデルを2次元のデバイスで操作するため、操作が直感的ではなく、またその操作も煩雑なものになることが多い。

【0003】

また、グローブ型の入力装置を用いて3次元モデルの変形を行うシステムが仮想現実感の研究で実現されている。グローブ型の入力装置による入力は、操作が直感的であると思われるが、実際には具体的にどの操作を行うか（例えば押したいのか引っ張りたいのか）を選択するために何らかのジェスチャを決めなければならない、直感的な操作と処理とが必ずしも対応するものではない。また人間の手のサイズは様々であり、グローブのサイズが手にあわないと極端に操作しづらくなる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

このように、従来の3次元情報入力システムにおいては様々な手法が用いられている。しかしながら、前述のマウスや2次元タブレットを用いた処理方式では、2次元情報による入力処理となるため、3次元オブジェクトの操作に対する制約、違和感が存在することとなる。さらに、表示オブジェクトに対する移動、変形、切り取り等の各種処理を1つのツール、例えばマウスのみを用いて行なわなければならない、ツール設定をオペレータが直感的に把握しにくいという問題がある。

【 0 0 0 5 】

また、グローブ型マニピュレータによる入力、オペレータによってより現実に近い感覚での処理が可能であるが、実際には、上述のように具体的な処理、例えばオブジェクトに対して「押す」動作を行なうのか、「引く」動作を行なうのか等、処理前に何らかの初期設定が必要となり、マニピュレータ操作に不慣れなユーザにとっては扱いにくいという欠点がある。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上述の従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、三次元表示オブジェクトに対する形状変更、表面着色等の様々な処理を、3次元モデルの位置ならびに姿勢を変更するための3次元センサと、その3次元モデルを変形するためのツール（変形ツール）を操作するための3次元センサを共に使う構成とし、3次元モデルと変形ツール（例えば左手と右手）の相対関係の知覚を利用して、実感的に3次元モデルの処理を実行することを可能とするとともに、ツールに処理の作用点を設定するように構成することにより、2次元の表示装置における奥行き方向の知覚を助け、オペレータが処理ポイントを容易に把握可能とした3次元モデル処理装置および3次元モデル処理方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の側面は、

3次元センサから入力される3次元位置情報に基づいて、ディスプレイに表示される3次元モデルの変形処理、ペイント処理等の各種処理を実行する3次元モデル処理装置であり、

ディスプレイに表示された処理対象である3次元モデルに対して処理ツールによる処理の実行される位置としての作用点または作用領域を、処理ツール位置に従属する位置として設定し、設定した作用点または作用領域において前記3次元モデルに対する処理を実行する制御手段を有することを特徴とする3次元モデル処理装置にある。

【 0 0 0 8 】

さらに、本発明の3次元モデル処理装置の一実施態様において、前記制御手段

は、前記作用点または作用領域と、前記 3 次元モデルとの重なり部分を処理実行位置として設定する制御を実行する構成であることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

さらに、本発明の 3 次元モデル処理装置の一実施態様において、前記制御手段は、前記作用点または作用領域をディスプレイに明示的に表示する制御を実行する構成であることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

さらに、本発明の 3 次元モデル処理装置の一実施態様において、前記作用点または作用領域は、処理ツールに従属する位置として、変更設定による更新処理可能な構成であり、前記制御手段は、前記更新処理がなされた場合は、該更新された作用点または作用領域において前記 3 次元モデルに対する処理を実行する構成であることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

さらに、本発明の 3 次元モデル処理装置の一実施態様において、前記制御手段は、前記作用点を処理対象となる 3 次元モデルの表面位置に拘束して移動可能とする制御を実行する構成を有することを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

さらに、本発明の 3 次元モデル処理装置の一実施態様において、前記作用領域は、処理ツールの形状に対応した形状を有する領域として設定され、前記制御手段は、前記処理ツールの形状に対応した形状を有する領域として設定された作用領域の形状に従った処理を 3 次元モデルに対して実行する構成を有することを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

さらに、本発明の 3 次元モデル処理装置の一実施態様において、前記制御手段は、前記作用点、または作用領域と前記 3 次元モデルとの重なり部を検知したことを条件として、3 次元モデルに対する処理を実行する構成であることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

さらに、本発明の 3 次元モデル処理装置の一実施態様において、前記制御手段

は、前記作用点、または作用領域が前記 3 次元モデルとの重なり部を検知し、かつ、入力手段からの処理指示を受領したことを条件として、3 次元モデルに対する処理を実行する構成であることを特徴とする。

【0015】

さらに、本発明の第 2 の側面は、

3 次元センサから入力される 3 次元位置情報に基づいて、ディスプレイに表示される 3 次元モデルの変形処理、ペイント処理等の各種処理を実行する 3 次元モデル処理方法であり、

ディスプレイに表示された処理対象である 3 次元モデルに対して処理ツールによる処理の実行される位置としての作用点または作用領域を、処理ツール位置に従属する位置として設定するステップと、

前記作用点または作用領域において前記 3 次元モデルに対する処理を実行するステップと、

を有することを特徴とする 3 次元モデル処理方法にある。

【0016】

さらに、本発明の前記 3 次元モデル処理方法の一実施態様において、前記作用点または作用領域と、前記 3 次元モデルとの重なり部分を処理実行位置として設定するステップ、を有することを特徴とする。

【0017】

さらに、本発明の前記 3 次元モデル処理方法の一実施態様において、前記作用点または作用領域をディスプレイに明示的に表示するステップ、を有することを特徴とする。

【0018】

さらに、本発明の前記 3 次元モデル処理方法の一実施態様において、前記作用点または作用領域は、処理ツールに従属する位置として、変更設定による更新処理可能な構成であり、前記更新処理がなされた場合は、該更新された作用点または作用領域において前記 3 次元モデルに対する処理を実行することを特徴とする。

。

【0019】

さらに、本発明の前記 3 次元モデル処理方法の一実施態様において、前記作用点を処理対象となる 3 次元モデルの表面位置に拘束して移動可能とする制御を実行することを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

さらに、本発明の前記 3 次元モデル処理方法の一実施態様において、前記作用領域は、処理ツールの形状に対応した形状を有する領域として設定され、前記処理ツールの形状に対応した形状を有する領域として設定された作用領域の形状に従った処理を 3 次元モデルに対して実行することを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

さらに、本発明の前記 3 次元モデル処理方法の一実施態様において、前記作用点、または作用領域と前記 3 次元モデルとの重なり部を検知したことを条件として、3 次元モデルに対する処理を実行することを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

さらに、本発明の前記 3 次元モデル処理方法の一実施態様において、前記作用点、または作用領域が前記 3 次元モデルとの重なり部を検知し、かつ、入力手段からの処理指示を受領したことを条件として、3 次元モデルに対する処理を実行する構成であることを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

さらに、本発明の第 3 の側面は、

3 次元センサから入力される 3 次元位置情報に基づいて、ディスプレイに表示される 3 次元モデルの変形処理、ペイント処理等の各種処理をコンピュータ・システム上で実行せしめるコンピュータ・プログラムを提供するプログラム提供媒体であって、前記コンピュータ・プログラムは、

ディスプレイに表示された処理対象である 3 次元モデルに対して処理ツールによる処理の実行される位置としての作用点または作用領域を、処理ツール位置に従属する位置として設定するステップと、

前記作用点または作用領域において前記 3 次元モデルに対する処理を実行するステップと、

を有することを特徴とするプログラム提供媒体にある。

【 0 0 2 4 】

本発明の第 3 の側面に係るプログラム提供媒体は、例えば、様々なプログラム・コードを実行可能な汎用コンピュータ・システムに対して、コンピュータ・プログラムをコンピュータ可読な形式で提供する媒体である。媒体は、CD や FD、MO などの記憶媒体、あるいは、ネットワークなどの伝送媒体など、その形態は特に限定されない。

【 0 0 2 5 】

このようなプログラム提供媒体は、コンピュータ・システム上で所定のコンピュータ・プログラムの機能を実現するための、コンピュータ・プログラムと提供媒体との構造上又は機能上の協働的關係を定義したものである。換言すれば、該提供媒体を介してコンピュータ・プログラムをコンピュータ・システムにインストールすることによって、コンピュータ・システム上では協働的作用が発揮され、本発明の他の側面と同様の作用効果を得ることができるのである。

【 0 0 2 6 】

本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、後述する本発明の実施例や添付する図面に基づくより詳細な説明によって明らかになるであろう。

【 0 0 2 7 】

【発明の実施の形態】

まず、本発明の 3 次元モデル処理装置および 3 次元モデル処理方法を適用可能なシステムを構成するブロック図を図 1 に示す。

【 0 0 2 8 】

図 1 に示すシステムは、3 次元モデルの表示データ生成、処理ツールの表示制御、さらに、3 次元モデルの変形、ペイント等、3 次元モデルの属性変更処理等、各種処理プログラムを実行する中央演算処理装置 (CPU) によって構成される演算処理回路 1 0 1、処理プログラムが格納されている RAM や ROM などのプログラムメモリ 1 0 2、処理データを格納するための RAM などのデータメモリ 1 0 3、3 次元モデルやツールを含む 3 次元空間を提示するための画像情報を格納するフレームメモリ 1 0 4、このフレームメモリに格納された画像信号をテレビやコンピュータディスプレイ、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) に代表さ

れる表示デバイスへ表示するための画像表示装置 1 0 5、各種入力デバイスの計測値の入力を行う入力装置 1 0 6、プログラムや 3 次元モデル情報などを記憶する外部記憶装置 1 0 7 を主要構成要素とする。なお、これらの各回路はプログラムやデータを伝送するためのバス 1 0 8 に接続されており、相互にデータ伝送が可能な構成を持つ。

【 0 0 2 9 】

外部記憶装置 1 0 7 は、ハードディスクに代表される 2 次記憶装置で、プログラムや 3 次元モデル情報が格納されている。データメモリ 1 0 3 に格納される 3 次元モデルに関する情報やツールの状態など、プログラムの処理に必要とされる情報を外部記憶装置 1 0 7 に格納することも可能である。

【 0 0 3 0 】

入力装置 1 0 6 では、各種入力デバイスからの計測値を取得する。3 次元モデルおよびツールの位置ならびに姿勢を更新するために、3 次元センサや 3 次元マウスなどの 3 次元入力デバイスの計測値を取得する。本発明では、図 2 に示すように 3 次元入力装置としてオペレータがその位置、姿勢を自由に変更可能な 3 次元センサが入力装置として使用可能である。なお、3 次元モデル、あるいはツールの入力に関しては、例えばマウスやタブレットなどの 2 次元入力デバイスで代用も可能である。また、オン／オフの状態を持つプッシュボタンなどから、オン／オフの状態を取得する構成として各種の指示入力、例えばツールの設定、切り換え処理等を行なうように構成してもよい。具体的には、単純なプッシュボタンやマウスボタン、キーボード、オン／オフのスイッチなどがある。以降、オフの状態からオンの状態になることを「ボタンが押された」、オフの状態からオンの状態になることを「ボタンが放された」、ボタンが押されてからすぐに放される動作を「ボタンがクリックされた」と呼ぶこととする。また、これらすべてのボタン操作による指示入力をイベント入力と呼ぶ。

【 0 0 3 1 】

データメモリ 1 0 3 は、3 次元モデルの位置ならびに姿勢情報や、表面属性情報などの様々な 3 次元モデル情報が格納される。3 次元モデル情報は、例えば、ポリゴンやボクセル表現、NURBSなどの自由曲面などの情報である。

【 0 0 3 2 】

演算処理回路 1 0 1 では、入力装置から得られた計測値を基に、3 次元モデルとツールの位置ならびに姿勢情報を更新し、必要であればデータメモリ 1 0 3 に格納されている 3 次元モデル情報を変更する。本発明の 3 次元モデル処理装置におけるツールをツールに対応する 3 次元センサによって操作して、同じくコンピュータグラフィックスで表現された 3 次元モデル表面の形状や色などの表面情報を変更するための処理が演算処理回路 1 0 0 において実行され、データメモリ 1 0 3 に格納されている 3 次元モデルの表面の色等の属性情報を変更する。

【 0 0 3 3 】

システムの具体的な表示、およびセンサの構成例の 1 つを図 2 に示す。コンピュータグラフィックスでモニタ（ディスプレイ）2 0 3 に表示されたツール 2 0 2 をツール操作用 3 次元センサ 2 0 5 によって操作して、同じくコンピュータグラフィックスで表現された 3 次元モデル 2 0 1 を 3 次元モデル操作用 3 次元センサ 2 0 4 で操作する。ツール操作用 3 次元センサ 2 0 5 に設置されたボタン 2 0 6 は、例えばツールによる処理の開始、停止等の指示入力、ツール種類の設定等の各種入力に使用される。なお、ボタン 2 0 6 は、他の指示、設定入力手段によって代用可能である場合は、必ずしもセンサに付属する構成とすることが必要となるものではない。また、ツール操作用 3 次元センサの形状は任意のもので良いが、機能、例えば押す、引く等の処理に対応したツール形状としてオペレータが容易に機能を把握する形状とすることが好ましい。

【 0 0 3 4 】

モニタ（ディスプレイ）2 0 3 に表示されたツール 2 0 2 は、ツール操作用 3 次元センサ 2 0 5 の操作に応じて位置ならびに姿勢情報が変更され、3 次元モデル 2 0 1 は、3 次元モデル操作用 3 次元センサ 2 0 4 の操作に応じて位置ならびに姿勢情報が変更される。3 次元モデル操作用 3 次元センサ 2 0 4、ツール操作用 3 次元センサ 2 0 5 は、磁気センサ、超音波センサ等によって構成され、磁気、あるいは超音波により、それぞれの位置、姿勢情報が取得される。なお、3 次元センサは、図に示すボタン 2 0 6 以外にダイヤルなどの他のセンサが具備される構成としてもよい。また、3 次元モデルを動かす必要がなければ、3 次元モデ

ル操作用 3 次元センサは要らない。この場合は、ツール操作用 3 次元センサ 2 0 5 のみの操作で固定した 3 次元モデルに対するペイント、変形等の処理を行なう。

【 0 0 3 5 】

ユーザは、3 次元センサ 2 0 4, 2 0 5 を操作することにより、任意に 3 次元センサ 2 0 4, 2 0 5 の位置および姿勢を制御可能であり、操作によって変更された位置および姿勢情報は 3 次元センサ 2 0 4, 2 0 5 から出力され、これらの情報が演算処理装置に入力され、3 次元モデル 2 0 1 と、ツール 2 0 2 の位置、姿勢を示す属性情報として出力され、ディスプレイにおけるそれぞれの位置、姿勢を更新する。

【 0 0 3 6 】

処理ツールの 1 つの例として、3 次元モデルに対して凹部や凸部を形成する変形ツールを使用した場合の処理のサブルーチンのフローチャートを図 3 に示す。本サブルーチンは、特定のハードウェア割り込みの発生時や特定の時間ごとなどにメインルーチンにより呼ばれる。メインルーチンは変形ツールサブルーチン以外の処理を行っても良い。また、変形ツールサブルーチンが始めて呼ばれるまでには初期化されているものとする。

【 0 0 3 7 】

変形ツールサブルーチンを図 3 に従って説明する。まず、入力装置 1 0 6 から得られる計測値に基づいて、3 次元モデルの位置および姿勢を更新する S 3 0 1。次に、S 3 0 2 変形ツールの種類を判別する。変形ツールの種類はシステムが状態として持ち、ユーザは変形ツールの種類を切り替えられる。その後、ツールの種類に応じた処理として、変形サブルーチン (S 3 0 3) が実行され、最後に S 3 0 4 で、3 次元モデルならびに変形ツールを表示装置に表示する。以降、ステップ S 3 0 3 の変形ツールサブルーチンを実施例として具体的に説明する。

【 0 0 3 8 】

〔実施例 1〕

実施例 1 は、変形ツールで 3 次元モデル表面上の変形させたい位置を指示して変形する方法である。変形ツールには作用点が定義される。本発明の 3 次元モデ

ル処理装置では、一方の処理対象となる 3 次元モデルに対応する 3 次元モデル操作作用 3 次元センサ 2 0 4 の操作に対応した移動回転をディスプレイ上で行なう 3 次元モデルと、他方のツールに対応したツール操作作用 3 次元センサ 2 0 5 の操作に対応した移動回転をディスプレイ上で行なうツールとによって処理が進められる。

【 0 0 3 9 】

ディスプレイには、操作される変形ツールに対して作用点が定義され、定義された作用点との相対関係を基に変形処理態様が計算される。作用点は変形ツールの位置と同じ設定としても良いし、異なった点、例えばツールの位置から所定距離離れた近傍の位置としても良い。これらの作用点、または後述する作用領域は、ユーザにより変更設定が可能な構成とする。設定した作用点と変形ツールの相対位置関係は固定でも良いし、状況に応じて動的に変更する構成としてもよい。例えば作用点位置 (x, y, z) は、ツール位置 $(x(t), y(t), z(t))$ に基づいて算出される位置として設定し、作用点位置 $(x, y, z) = f(x(t), y(t), z(t))$ として求める構成としてもよい。さらに、後述するが作用点の移動を、処理対象オブジェクトである 3 次元モデルの表面に制限するように構成することで、処理をより実行しやすくすることができる。作用点の 3 次元モデル表面への拘束処理については後述する。

【 0 0 4 0 】

作用点の設定例を図 4 に示す。図 4 に示すのは、3 次元モデルに凹部、凸部を形成するツールとしての「押し引き変形ツール」による 3 次元モデルに対する処理構成であり、先に説明した図 2 の構成においてディスプレイに表示される 3 次元モデル 4 0 1 とツール 4 0 2 を示している。3 次元モデル 4 0 1 は、図 2 を用いて説明したように 3 次元モデル操作作用 3 次元センサの操作により移動、回転可能であり、また、ツール（押し引き変形ツール）4 0 2 は、ツール操作作用 3 次元センサの操作により移動、回転可能である。

【 0 0 4 1 】

本発明の 3 次元モデル処理装置では、ツール（押し引き変形ツール）4 0 2 には作用点 4 0 3 が定義される。3 次元モデル 4 0 1 表面上の変形させたい位置を

作用点によって指示し、ツール操作用 3 次元センサのボタンを押すことにより変形処理が開始され、「変形モード」となる。ボタンが放されて変形モードが解除されるまで、ツール（押し引き変形ツール）4 0 2 の移動に基づいて 3 次元モデル 4 0 1 を変形する。作用点 4 0 3 をディスプレイに表示することで、オペレータは、ツールによる変形がどのポイントで行われるかを容易に把握することができ、3 次元モデルに対する処理を正確かつ容易に実行できる。

【0 0 4 2】

変形処理例を図 5 に示す。ツール（押し引き変形ツール）自体の構成部、またはツール近傍に設定されて表示される作用点を中心としてツールによる処理が実行される。図 5 に示すように、3 次元モデル 4 0 1 の表面をツールにより押し込んだり(図 5 (a))、盛り上げたり(図 5 (b))といった各種の変形処理が作用点 4 0 3 を中心として実行される。オペレータは、処理対象となる 3 次元モデル 4 0 1 に対して作用点を接触させて処理ポイントを容易に把握することが可能となり、処理位置を誤ることなく、実際に粘土を変形しているような感覚で変形を行うことができる。なお、図 4 ～ 5 に示した例では、簡単のため、変形前の 3 次元モデルは球体としているが、3 次元モデルは任意の形状としてよい。

【0 0 4 3】

さらに、3 次元モデル表面上の位置の指示を容易にするために、3 次元モデル表面上の位置を指示する際には、作用点の移動を 3 次元モデル表面上に制約する構成としてもよい。すなわち、作用点を 3 次元モデルの表面に沿ってのみ移動可能とした制御を実行する。作用点の移動を 3 次元モデル表面上に制約する方法としては、例えば本発明と同一出願人に係る特許出願中に詳細に記載された方法を用いることが可能である。これは、例えば、ツールの位置と 1 ステップ前のツール位置とを結ぶ線と、3 次元モデル表面との交点を表面点として設定して、ツールの移動に応じて、表面点を順次移動させる構成によって実現したものである。作用点の移動が 3 次元モデル表面上に制約されている状態を「制約移動モード」、何も制約されていない状態を「自由移動モード」と呼ぶこととする。

【0 0 4 4】

「制約移動モード」と、「自由移動モード」との制御構成について図 6 以下を

用いて説明する。図 6 は、3 次元空間中に 3 次元モデル 6 0 1 と作用点 6 0 2 が定義される。(図 6 (a))。作用点 6 0 2 で 3 次元モデル 6 0 1 表面上の点を指示する際、作用点 6 0 2 は 3 次元モデル 6 0 1 の表面を通り抜けることはできず、3 次元モデル 6 0 1 に接触した位置に当たって止まり、3 次元モデル 6 0 1 表面上に位置を制約するようにする(図 6 (b))。このとき、位置が 3 次元モデル 6 0 1 表面上に制約される以前に作用点 6 0 2 の位置があった側を、その 3 次元モデル 6 0 1 表面に対して「表側」、その逆を「裏側」と呼ぶこととする。

【 0 0 4 5 】

また、3 次元モデル 6 0 1 の面との関係において、何も制約を受けていない状況での作用点 6 0 2 の位置を「参照点」、参照点に基づいて制御される 3 次元モデル表面上の点をその参照点に対する「表面点」と呼ぶこととする。その後、作用点は、参照点が再び表側へ戻ってくるなどの条件を満たすまで、参照点に基づいて 3 次元モデルの表面を滑るように連続的に移動する(図 6 (c))。

【 0 0 4 6 】

フローチャートおよびモデル図を用いて、本例のアルゴリズムについて詳しく述べる。

【 0 0 4 7 】

(表面点サブルーチン)

表面点生成サブルーチンにより、作用点 6 0 2 が 3 次元モデル 6 0 1 の表面を通過したなどの特定の条件を満たしたときに表面点を生成し、その表面点を作用点 6 0 2 の仮の位置とする。これにより、作用点 6 0 2 は 3 次元モデル 6 0 1 の表面に当たって止まったように見える。また、参照点に基づいて、表面点が 3 次元モデル表面上を連続的に移動するよう、表面点更新サブルーチンにより表面点を更新する。

【 0 0 4 8 】

図 7 は、本実施例の方法を適用した作用点に対応して設定される表面点サブルーチンのフローチャートである。表面点サブルーチンは、毎時間ステップごとや特定のハードウェア割り込みの発生時などにシステムにより呼ばれる。システムは表面点サブルーチン以外の処理を行っても良い。また、表面点サブルーチンが

始めて呼ばれるまでには、システムは初期化されているものとする。このフローチャートに従って、本実施例のアルゴリズムの概要について説明する。

【 0 0 4 9 】

本サブルーチンが初めて実行されるまでに、参照点に対する表面点は存在していない状態にシステム側で初期化されているものとする。まず、S 7 0 1 で 3 次元モデルの位置および姿勢と、参照点の位置を更新する。これらの姿勢、位置の更新は、図 2 に示す 3 次元モデル操作用 3 次元センサ 2 0 4 と、ツール操作用 3 次元センサ 2 0 5 からの入力情報に基づいて行われる。なお、3 次元モデル操作用 3 次元センサ 2 0 4 を持ちいず、3 次元モデルはディスプレイ上で固定し、ツール操作用 3 次元センサ 2 0 5 の操作のみによって処理を実行する構成としてもよい。位置や姿勢の更新には、図 2 で示したような 3 次元センサの他に、マウスやキーボードなどの入力デバイスや、予め定義された位置・姿勢の時系列データの再生など、どのような形をとっても良い。

【 0 0 5 0 】

次に、S 7 0 2 において参照点に対する表面点が存在しない場合、S 7 0 3 の表面点の生成を行うかどうかのサブルーチンに入り、条件を満たせば、その参照点に対する表面点を生成する。また、S 7 0 2 において表面点が存在する場合、S 7 0 4 の表面点の更新サブルーチンでその表面点の位置の更新を行い、必要であればその表面点を消去する。

【 0 0 5 1 】

以下、S 7 0 3 表面点生成サブルーチンと、S 7 0 4 表面点更新サブルーチンについて、詳しく述べる。

【 0 0 5 2 】

(表面点の生成サブルーチン)

図 8 は、本実施例における、表面点生成サブルーチンのフローチャートである。また、図 9 は本サブルーチンを説明するためのモデル図である。以下、これらの図に従って説明する。

【 0 0 5 3 】

初めて本サブルーチンが実行されるときなど、S 8 0 1 にて 1 ステップ前の 3

次元モデル座標系、すなわち処理対象となる 3 次元モデルを中心として設定される座標系での参照点の位置の記憶の有無を判定する。参照点位置が記憶されていなければ、S 8 0 6 で作用点位置を参照点位置として記憶して本サブルーチンを終了する。

【 0 0 5 4 】

具体的な処理を図 9 のモデル図で説明する。ある時点で、3 次元モデル 9 0 0 に対して図 9 (a) のような位置に参照点 9 0 1 - 1 (制約のない作用点位置) があるとする。次のステップで、オペレータによる 3 次元モデル操作用センサまたはツール操作用センサの操作により、ディスプレイに表示された 3 次元モデル 9 0 0 の参照点に対する位置ならびに姿勢が図 9 (b) のように変更されたとする。

【 0 0 5 5 】

参照点 9 0 1 - 1 は、3 次元モデルに対して相対的に移動する。図 9 (b) の参照点 9 0 1 - 1 は図 9 (a) と同様の 3 次元モデル座標系での参照点位置である。参照点 9 0 1 - 2 が現在の 3 次元モデル座標系での参照点位置である。図 9 では、白丸を現在の参照点位置、黒丸を 1 つ前のステップにおける参照点位置とする。参照点が図 9 (b) のようになったとき、ステップ S 8 0 2 で 3 次元モデル座標系での 1 ステップ前の参照点 9 0 1 - 1 の位置と現在の参照点 9 0 1 - 2 を結ぶ線分 9 1 0 を求める。次に、S 8 0 3 で、S 8 0 2 で求めた線分と 3 次元モデル表面との交点を求める。S 8 0 4 における交点の有無判定処理において、交点が存在している場合、その交点に新たに表面点 9 5 0 を生成する (S 8 0 5)。つまり、参照点が 3 次元モデル表面を通過した時、その通過した位置に表面点を生成する。

【 0 0 5 6 】

なお、図 9 (c) のような 3 次元モデルと参照点の相対移動の場合は、S 8 0 4 における交点の有無判定処理において、交点が存在しないと判定される。この場合は、次ステップのために、現ステップの 3 次元モデル座標系での参照点の位置 (図 9 (c) の参照点 9 0 1 - 3) を記憶しておく (S 8 0 6)。

【 0 0 5 7 】

(表面点の更新サブルーチン)

図 1 0 は、本実施例における、表面点更新サブルーチンのフローチャートである。また、図 1 1 は、本フローチャートを説明するためのモデル図である。以下、これらの図に従って説明する。

【 0 0 5 8 】

今、図 1 1 に示す面をもつ 3 次元モデル 1 1 0 1 があり、その面上に作用点に対応する表面点 1 1 0 2 が設定されているとする。また、現在の参照点 1 1 0 3 がツールの位置に応じて設定されているとしたとき、作用点に対応する表面点の更新アルゴリズムは以下のとおりになる。

【 0 0 5 9 】

まず S 1 0 0 1 で、表面点の位置での面の表側法線方向に適度な距離 α (図 1 1 (b) 参照) だけその表面点を移動する。この距離 α は経験的に求められた値を与えてもよいし、状況に応じて動的に変更するようにしても良い。次に S 1 0 0 2 において、現在の参照点 1 1 0 3 と移動された表面点である移動表面点 1 1 0 4 (図 1 1 (b) 参照) とを結んだ線分 1 1 0 5 と、3 次元モデル 1 1 0 1 との交点を求める。S 1 0 0 3 の交点有無判定処理において、交点が存在すれば、S 1 0 0 4 でその交点を新たな表面点 1 1 0 6 とする。もし S 1 0 0 3 の交点有無判定処理において、交点が存在しなければ、S 1 0 0 5 でその表面点を消去し、次の表面点生成サブルーチンのために 3 次元モデル座標系における参照点の位置を記憶しておく (S 1 0 0 6)。

【 0 0 6 0 】

上述のような表面点生成処理、表面点更新処理を、作用点に対応させて実行することにより、3 次元モデルの表面に設定された作用点は、ツールの移動に伴い 3 次元モデルの表面をすべるように、表面に沿って移動する。このような 3 次元モデル表面を移動する作用点を、変形ツールに適用する作用点として設定すれば、オペレータはツールを 3 次元モデルの近傍で移動させることにより、作用点が 3 次元モデル表面をなぞるように移動するので、3 次元モデルの変形処理、例えば、3 次元モデル表面の特定領域にへこみや凸部を形成する処理を正確にかつ容易に実行可能となる。また、ツールをペイントツール等として設定すれば表面に文字を描いたり模様を付加する処理も正確に実行できる。

【 0 0 6 1 】

図 1 2 は、本発明の 3 次元モデル処理装置における押し引き変形ツールによる処理を説明するフローチャートである。以下、フローチャートに従って処理を説明する。まず S 1 2 0 1 で押し引き変形ツールの位置ならびに姿勢を更新する。更新処理は、先に図 2 を用いて説明したオペレータによる操作が可能な 3 次元センサの位置に基づいて実行される。この更新処理に際して、押し引き変形ツールに付随する作用点の更新処理を実行する。ただし、作用点の位置を押し引き変形ツールの位置と同じ位置に設定している場合には作用点の更新処理を別処理として実行することは必要でなく、また、押し引き変形ツールの形状が姿勢に依存しない例えば球形である場合などにはツールの姿勢の更新は不要である。

【 0 0 6 2 】

次に S 1 2 0 2 において、3 次元モデル情報を取得する。さらに S 1 2 0 3 において、処理モードが変形モードであるか否かを判定し、変形モードでない場合は、S 1 2 0 7 へと進む。S 1 2 0 7 でさらに制約移動モード、すなわち作用点を 3 次元モデル表面でのみ移動可能としたモードでない場合、S 1 2 0 8 にて作用点の位置を 3 次元モデル表面上に制約すべき条件を満たすかどうかを検査する。このときの制約条件としては、作用点の位置が 3 次元モデル表面を通過したかどうかや、ツール自体またはツール近傍に設定した作用点の位置が 3 次元モデル表面にある程度以上近づいたか、すなわち 3 次元モデル表面から予め定めた閾値以下の距離に作用点があるか否かなどの条件であり、予めシステムに定めた条件である。すなわち既定の条件を満足する場合は、作用点を 3 次元モデル表面に設定可能であると判定する。

【 0 0 6 3 】

S 1 2 0 8 の検査の結果に基づいて、S 1 2 0 9 において作用点の位置を 3 次元モデル表面上に制約するか否かを決定し、制約するなら、S 1 2 1 0 で制約移動モードとする。さらに S 1 2 1 1 にて 3 次元モデル表面上に制約されている作用点の位置を計算し、その位置へ作用点が来るように押し引き変形ツールの位置を修正する。

【 0 0 6 4 】

また S 1 2 0 7 において、作用点がすでに制約移動モードであった場合、S 1 2 1 2 でその制約を解除すべき条件を満たすかどうかを検査する。条件としては、作用点の制約を受けていない状態での位置（つまり S 1 2 0 1 の時点での位置）が 3 次元モデル表面に対して制約される以前にあった側（「表側」と呼ぶこととする）に移動したかどうかや、3 次元モデル表面から表側にある程度以上離れたかどうかなど、予めシステムに設定された条件に基づいて決定する。S 1 2 1 2 の検査の結果、S 1 2 1 3 で制約を解除する場合 S 1 2 1 4 で自由移動モードとなり、本サブルーチンを終了する。制約を解除しない場合は S 1 2 1 1 で、3 次元モデル表面上に制約されている作用点の位置を計算し、その位置へ作用点が来るように押し引き変形ツールの位置を修正する。

【 0 0 6 5 】

S 1 2 1 1 に作用点の位置が 3 次元モデル表面上に修正されたとき（制約移動モードのとき）、S 1 2 1 5 においてツール操作用 3 次元センサのボタンが押されたことが検知されると、S 1 2 1 6 において変形モードに設定され、S 1 2 1 7 において、次ステップの変形処理に必要なとなる作用点の現在の位置を記憶しておく。

【 0 0 6 6 】

また S 1 2 0 3 において変形モードであると判定された場合、S 1 2 0 4 において実際に変形処理、すなわちオペレータによるツール操作用 3 次元センサの移動等により 3 次元モデルの変形を行い、変形結果を S 1 2 0 5 にて格納する。さらに S 1 2 0 6 にてツール操作用 3 次元センサのボタンが放されたことが検知されれば S 1 2 0 8 へと進み、ボタンが押されたままであれば、次ステップの変形処理のために S 1 2 1 7 にて作用点の現在の位置を記憶しておく。

【 0 0 6 7 】

図 1 2 の S 1 2 0 4 で行われる具体的な変形処理としては、例えば F F D と呼ばれる手法の適用が可能である。一般的な F F D について簡単に説明する。この方法は 3 次元モデルを変形する際に 3 次元モデル自身を直接変形するのではなく、モデルが存在する空間をまず設定して、その空間を変形させる処理である。3 次元モデルは空間の歪みに応じて変形する。変形の具体例を図 1 3 に示す。変形

処理ツールとしての押し引き変形ツールには、属性として2つのパラメータを与える。1つは変形の範囲を表すパラメータd, 1301である。2つめは変形中心1303と変形の方角と強さを示す点1304を結ぶ線分の長さを表すパラメータh, 1302である。図13のように、このh, 1302方角をz軸とする空間を定義したとき、例えば以下に示す関数を使って空間を変形させて3次元モデル表面を変形させる。

【0068】

【数1】

$$\Delta z = h \cdot e^{-\left(\frac{x^2 + y^2}{d^2}\right)}$$

【0069】

この例の場合、パラメータd, 1301を小さくすればするほど鋭い変形となる。なお、FFDはAlan Watt, et al., Advanced Animation and Rendering Techniques - Theory and Proctice, ACM Press, pp.401-403, 1992に詳しく説明されている。

【0070】

本発明の実施例の場合、上記変形中心1303をS1217で記憶された前ステップの作用点の位置（もしくはそれにオフセットされた位置）、点1304を現在の作用点の位置（もしくはそれにオフセットされた位置）とすることで変形が実現される。パラメータ1301は経験的に適当な値を与えても良いし、状況に応じて適度に変化させても良い。変形モードが複数ステップ連続したときには、上記変形方法を連続的に適用する。3次元モデルがポリゴンモデルであれば、その頂点を移動する。ポリゴンが大きくなりすぎた場合など、必要ならばポリゴンを再構築する。

【0071】

図4, 5に示した例では、変形ツールの形状は球であり、作用点は球の中心で

あるが、作用点は、ツールの構成部の一部、あるいはツールの近傍等、様々な位置に設定する構成としてよい。ツールの近傍に作用点を設定した構成を図 1 4 に示す。図 1 4 に示すツールは引っ張り変形を行なう変形ツールとしてのピンチツールである。図 1 4 において、ディスプレイには処理対象となる 3 次元モデル 1 4 0 1 と、変形ツールとしてのピンチツール 1 4 0 2 が表示され、ピンチツール 1 4 0 2 の近傍に作用点を設定する。図に示すように作用点 1 4 1 0 をピンチツールの端部中央位置に設定する。オペレータは 3 次元モデル操作用 3 次元センサ 1 4 0 3 と、ピンチツール操作用 3 次元センサ 1 4 0 4 を操作してディスプレイの 3 次元モデル 1 4 0 1 と、変形ツールとしてのピンチツール 1 4 0 2 とを相対移動させる。

【 0 0 7 2 】

図 1 4 に示すピンチツール 1 4 0 2 の処理は、3 次元モデルの所定位置に作用点を位置させて、ピンチツール操作用 3 次元センサ 1 4 0 4 を閉じる動作を実行して、ピンチツール操作用 3 次元センサ 1 4 0 4 がある程度以上閉じたことを条件として処理開始点を設定する構成とした実際のピンチ形状の 3 次元センサを用いることにより、より実感的な操作を実行することができる。

【 0 0 7 3 】

変形処理、ペイント処理等の各種ツールによる処理の開始、終了は、上述のように、ツール操作用 3 次元センサに設置したボタンによる指示入力によって可能であるが、ボタンに限らず、その他の入力手段、キーボードのキー、あるいはセンサに設定したダイヤル、あるいはセンサの操作によるツール動作によって指示入力を行なう構成としてもよい。

【 0 0 7 4 】

ボタン入力を用いない処理開始、終了を実行する構成としては、例えば、図 5 に示すような 3 次元モデル表面を押し込む「押し込みツール」構成がある。図 5 に示す押し込みツールでは、ディスプレイに表示した作用点が 3 次元モデルに接触すると直ちにその移動に基づいて 3 次元モデル表面を変形（押し込み変形）する。すなわち、この押し込みツールの場合は、作用点の位置が 3 次元モデル表面の位置座標に一致した時点処理開始とする。

【 0 0 7 5 】

図 5 に示す押し込みツールの処理フローチャートを図 1 5 に示す。S 1 5 0 1 にて押し込みツールの位置ならびに姿勢を更新する。これらの更新処理は、押し込みツール操作用 3 次元センサの位置ならびに姿勢データに基づいて実行される。次に、S 1 5 0 2 で作用点が 3 次元モデル表面を通過したかどうかを検査する。その結果 S 1 5 0 3 で通過していた場合、S 1 5 0 4 で実際に変形処理を行う。

【 0 0 7 6 】

図 1 5 の S 1 5 0 4 で行われる具体的な変形処理としては、例えば図 1 3 に示される F F D 変形において、変形中心 1 3 0 3 を押し込みツールが通過した 3 次元モデル表面上の位置（もしくはそれにオフセットされた位置）、変形の方角と強さを示す点 1 3 0 4 を作用点の位置（もしくはそれにオフセットされた位置）として決定する。

【 0 0 7 7 】

〔実施例 2〕

上述の実施例 1 では、作用点を 1 つの点として設定した例を示したが、ある広がりを持った作用領域を設定する構成について、以下実施例 2 として説明する。

【 0 0 7 8 】

実施例 2 は、作用領域を持つツールを 3 次元センサで操作し、センサに付随するボタンを併用するなどして、作用領域と重なっている 3 次元モデルの表面領域を変形する構成である。作用領域を分かりやすくするために作用領域をディスプレイに表示することが望ましい。作用領域と重なっている 3 次元モデルの表面領域を「変形領域」と呼ぶこととする。

【 0 0 7 9 】

例えば、図 1 6 の左図のようなスプレー缶のメタファをツールとして設定して用いた変形処理構成である。スプレーツール 1 6 0 6 には円錐形をした作用領域 1 6 0 1 が定義される。作用領域 1 6 0 1 はパラメータとして長さ 1 6 0 2 と角度 1 6 0 3 を持っており、これらを変更することにより作用領域の変更が可能となる。スプレーツール 1 6 0 6 の作用領域 1 6 0 1 を変形させたい個所に移動さ

せ、3次元モデル1605表面と作用領域1604の重なりとして規定される変形領域1601について、変形領域1601の領域情報、作用領域1604の位置ならびにスプレーツール1606の姿勢情報を基に、変形領域1605の表面を盛り上げる、表面を押し込むなどの変形を行うものである。

【0080】

図17は図16に示すスプレーツールによる処理を実行する場合のフローチャートである。まずS1701でスプレーツールの位置ならびに姿勢を更新する。これにより、スプレーツールに付随する作用領域も移動ならびに回転する。次にS1702で3次元モデル情報を取得し、S1703でスプレーツールの作用領域と3次元モデルの重なりを計算し、変形領域を求める。S1704にて変形領域が存在すればS1705へと進み、その変形領域を表示する。この表示処理S1705は省略可能である。S1704にて変形領域が存在しなければ本サブルーチンを終了する。さらにS1706においてボタンが押されていることが検知されれば、S1707へと進み変形処理を実行し、その結果をS1708にて格納する。

【0081】

S1707において実行されるスプレーツールによる変形処理の具体例を図18に示す。スプレーツールに対応させて実行させる処理を各種設定することにより、様々な変形処理を起こさせることが可能となる。例えば実施例1に示したようなFFDによる変形を用いて処理対象の3次元モデル表面を盛り上げる(図18(a))、または表面を押し込む(図18(b))変形が考えられる。また、表面を滑らかにする(図18(c))、表面に他の3次元モデルを積み上げる(図18(d))なども可能である。この例の他にも、処理ツールに対して3次元モデルの属性を変更する様々な処理パラメータを設定することにより、様々な変形またはペイント処理を実行することが可能となる。

【0082】

図18(c)の3次元モデル表面を滑らかにする変形処理には、作用領域と、3次元モデル表面によって規定される変形領域内にある3次元モデル表面を構成する頂点集合を離散信号とみなしたとき、その信号にローパスフィルタをかけた

ような変形処理を実行することによって実現可能である。滑らかさの程度をツールに設定するパラメータとし、それを変更することで、1回の変形処理で滑らかにする度合いを変更できる。

【 0 0 8 3 】

図 1 8 (d) の 3 次元モデル表面に他の 3 次元モデルを積み上げる変形は、ちょうどスプレーから作用領域の範囲に 3 次元モデルの粒子が送出され、3 次元モデルと結合するといったイメージである。具体的な処理としては、例えばポリゴンモデル同士のブーリアン演算の加算を用いる。A と B というポリゴンモデルがあったとき、ポリゴンモデルの加算 $A + B$ は、A と B の 2 つのポリゴンモデルを合体させたポリゴンモデルが結果となる。またポリゴンモデルの減算 $A - B$ は、ポリゴンモデル A からポリゴンモデル B の形状を切り取った結果となる。この減算を変形処理に用いる構成としてもよい。

【 0 0 8 4 】

積み上げる 3 次元モデルは任意の形状のものとすることが可能である。また、送出される 3 次元モデルの頻度（密度）をパラメータとして持たせ、それを変更することで密度の変更が可能である。以上の説明で、スプレーツールは図 1 6, 1 8 に示すように円錐形の作用領域を持つものとして説明したが、作用領域の形状はどのようなものでも良い。またスプレーツール自体の形状も任意のもので良い。さらに、作用領域の個数は 1 個に限定しておらず、複数個の作用領域を持つ設定も可能である。

【 0 0 8 5 】

〔実施例 3〕

次に、実施例 3 として、3 次元モデル表面を滑らかにする変形を行う「なめしツール」の処理について説明する。図 1 9 に示されるようななめしツール 1 9 0 0 には直方体の作用領域 1 9 0 1 が定義され、作用領域 1 9 0 1 と 3 次元モデル表面領域の交差領域によって規定される領域を変形領域とし、変形領域を滑らかにする処理を実行する。なめしツールは実施例 1 のように 3 次元モデル表面を通過することはできず、表面に衝突後は表面を這うように滑らかに移動し、なめしツールに対応するツール操作用 3 次元センサに設定されたボタンからの入力に応

じて、作用領域と重なっている 3 次元モデル表面、すなわち変形領域を滑らかに
する処理を実行する。

【 0 0 8 6 】

なめしツールによる表面を滑らかにする変形処理は、先の図 1 8 (c) の変形
処理と同様、作用領域と、3 次元モデル表面によって規定される変形領域内にあ
る 3 次元モデル表面を構成する頂点集合を離散信号とみなしたとき、その信号に
ローパスフィルタをかけたような変形処理を実行することによって実現可能であ
る。滑らかさの程度をツールに設定するパラメータとし、それを変更することで
、1 回の変形処理、例えば 1 回のなめしツールの移動処理で滑らかにする度合い
を変更できる。

【 0 0 8 7 】

図 2 0 はなめしツール 1 9 0 0 による 3 次元モデルの変形処理操作例である。
図 1 9 (a) のような滑らかでない 3 次元モデル表面 2 0 0 1 があったとする。
そこへ、オペレータの 3 次元センサの操作により、図 1 9 (b) のようになめし
ツールで 3 次元モデル表面をなでるように滑らすことによって、図 1 9 (c) の
ようにツールによって表面をなでられた部分、すなわち変形領域が滑らかになる
。具体的には、3 次元モデルの表面に規定される変形領域の属性データを、前述
の 3 次元モデル表面を構成する頂点集合を離散信号とみなしてその信号にローパ
スフィルタをかける処理等を実行して変更することにより、なめらかな表面とし
てディスプレイに表示する。

【 0 0 8 8 】

図 2 1 になめしツールのフローチャートを示す。なめしツールにもその位置が
3 次元モデル表面に制約されている「制約移動モード」と、制約されていない「
自由移動モード」を設定可能な構成とする。まず S 2 1 0 1 でなめしツールの位
置および姿勢を更新し、S 2 1 0 2 で 3 次元モデル情報を取得する。S 2 1 0 3
にて制約移動モードでなければ、S 2 1 0 4 にてなめしツールの位置を 3 次元モ
デル表面上に制約すべき条件を満たすかどうかを検査する。このときの条件とし
ては、なめしツールの位置が 3 次元モデル表面を通過したかどうかや、なめしツ
ールの位置が 3 次元モデル表面にある程度以上近づいたかどうかなどを用いる。

S 2 1 0 4 の検査の結果、S 2 1 0 5 にてなめしツールの位置を 3 次元モデル表面上に制約するなら S 2 1 0 6 で制約モードとなり、S 2 1 0 7 でなめしツールの位置を 3 次元モデル表面上に修正する。また S 2 1 0 3 にて制約移動モードであった場合、S 2 1 0 8 でその制約を解除すべき条件を満たすかどうかを検査する。条件としては、なめしツールの制約を受けていない状態での位置（つまり S 2 1 0 1 での位置）が 3 次元モデル表面に対して制約される以前にあった側（「表側」と呼ぶこととする）に来たかどうかや、3 次元モデル表面から表側にある程度以上離れたかどうかなどを用いる。S 2 1 0 8 の検査の結果、S 2 1 0 9 で制約を解除する場合 S 2 1 1 0 で自由移動モードとなり、制約を解除しない場合は S 2 1 0 7 で 3 次元モデル表面上に位置を修正する。

【 0 0 8 9 】

次に、S 2 1 1 1 にて作用領域と 3 次元モデルの重なりである変形領域を計算する。その結果、S 2 1 1 2 で変形領域が存在する場合は、S 2 1 1 6 にて変形領域も表示し、S 2 1 1 3 へと進む。この変形領域の表示処理（S 2 1 1 6）は省略可能である。変形領域が存在しなければ本サブルーチンを終了する。次に S 2 1 1 3 にてボタンが押されている場合は S 2 1 1 4 で変形領域情報を基に実際に変形処理を行う。具体的な変形処理としては、実施例 2 で挙げたような、変形領域内を滑らかにする変形を行う。最後に S 2 1 1 5 にて、変形された 3 次元モデル情報をデータメモリに格納する。

【 0 0 9 0 】

ツール操作用 3 次元センサのボタン操作をなくして、作用領域が 3 次元モデル表面と重なっていたら常に変形するという構成としてもよい。この構成とした場合、S 2 1 1 3 のボタンが押されているかどうかの検査では常に Y e s の判定とすれば良い。また、ボタン以外のツール動作や、他の入力手段を処理開始、終了条件としてもよい。

【 0 0 9 1 】

以上に挙げた実施例では、作用領域の形状は直方体であったが、作用領域は任意の形状とすることが可能である。また、なめしツール自体の形状も任意のものでよい。さらに、作用領域の個数は 1 個に限定しておらず、複数個の作用領域を

持つような変形ツールを用いても良い。

【0092】

〔実施例4〕

次に、実施例として、幾何形状を持つ変形ツールを3次元センサで操作し、ボタンを併用するなどして、変形ツールの幾何形状を反映した3次元モデル変形を行う構成について説明する。

【0093】

実施例4の具体的構成としては、図22に示されるような削り取りツール2201がある。削り取りツール2201は自身の形状で3次元モデルを削り取るツールである。例えば、2201のような星型の形状をした削り取りツールをの3次元モデル2202の任意の位置に重ねてツールに対応する3次元センサのボタンを押すと、その時点で重なっている部分を星型に削り取り、星型のへこみ凹部2203が3次元モデル表面に形成される。この処理は、削り取りツール1501の作用領域を削り取りツールの星型の形状領域自体に設定して、この作用領域と3次元モデル表面との重なり領域を変形領域として、変形領域の属性を変更する処理によって実現することができる。

【0094】

もちろん、削り取りツールの形状は星型でなくても良く、ブーリアン演算できるものであれば任意のものでよい。例えば図23のように、削り取りツールの形状を板状のツール2301とすれば、3次元モデル2302に切り込み2303を形成することが可能である。この場合の板状のツール2301の作用領域を、板状のツールの形状領域に設定する。

【0095】

図24は削り取りツールのフローチャートである。まず、S2401で削り取りツールの位置ならびに姿勢を更新し、S2402で3次元モデル情報を取得する。次にS2403にて3次元モデルと削り取りツールの形状の重なりを計算する。その結果S2404にて重なりが存在すればS2405でその重なりを明示してからS2406へと進み、重なっていないければ本サブルーチンを終了する。重なりの明示方法としては、重なっているときに3次元モデルを半透明化する、

削り取りツールを（半）透明化するなどが考えられる。この重なり of 明示処理（S 2 4 0 5）は省略可能である。さらに S 2 4 0 6 にてボタンがクリックされたことが検知されれば、S 2 4 0 7 にて実際に変形処理を実行し、その結果を S 2 4 0 8 で保存する。変形処理としては、例えば 3 次元モデルのポリゴンデータを A、削り取りツールのポリゴンデータを B としたときのブーリアン演算の減算 $A - B$ を用いて、3 次元モデルの属性データを変更することによって実現される。

【 0 0 9 6 】

S 2 4 0 6 のボタンがクリックされたか？という条件は、ツール操作の 3 次元センサのボタンが押されているか？という条件に変更しても良い。この場合、ボタンが押されている間は 3 次元モデルを削り取りツールの形状で連続的に削り取ることとなる。さらに、ボタン操作を無くして、削り取りツールが 3 次元モデルに重なったら常に削り取るという方法も考えられる。この場合、S 2 4 0 6 のボタンがクリックされたか？という条件は常に Y e s とする設定とする。

【 0 0 9 7 】

また、S 2 4 0 7 の変形処理に加算を用い、削り取りツールの形状のコピーを 3 次元モデルに結合する構成としてもよい。削り取りツールに現在の変形処理が加算であるか減算であるかという状態の設定を可能とした構成とすることにより、ツール設定処理により、様々な変形を実行可能とすることができる。

【 0 0 9 8 】

なお、図 1 に示した装置では、上述の様々な 3 次元モデル処理プログラム、変形処理プログラムをプログラムメモリに格納しているが、例えば C D - R O M あるいは D V D - R O M、C D - R、C D - R W、D V D - R A M、のような各種の光ディスクに格納してもよいし、M O のような光磁気ディスクに格納してもよい。また、ハードディスクあるいはフロッピーディスクのような磁気ディスクに格納してもよい。また、メモリースティックのような半導体メモリや、さらに、D A T あるいは 8 m m としたテープメディアに格納してもよい。いずれにしても、上記方法に関する処理プログラムを供給するこれらのプログラム供給媒体から、その処理プログラムを読み出して実行する構成としてもよい。

【 0 0 9 9 】

以上、説明してきたように、本発明の構成により、コンピュータグラフィックスで表示された 3 次元モデルに対する変形操作が、作用点、作用領域を定義することにより、容易に実行可能となる。本発明の構成は、コンピュータの現在主流の入力デバイスであるキーボードやマウス、コンピュータゲームのコントローラなどが扱いにくい低年齢の幼児や高齢者にとってのインタフェースとして有効である。またデジタル技術を使った情操教育玩具やなどへの応用が期待できる。

【 0 1 0 0 】

以上、特定の実施例を参照しながら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施例の修正や代用を成し得ることは自明である。すなわち、例示という形態で本発明を開示してきたのであり、限定的に解釈されるべきではない。また、上述の実施例では、処理態様として、いくつかの変形処理を中心として説明してきたが、3 次元モデル表面の色を変更したり、文字を画いたりといったペイント処理についても作用点、作用領域を設定し、これを明示的にディスプレイに表示することにより、正確かつ容易に処理が実行可能であり、本発明における処理態様は、3 次元モデルの変形のみならず、ペイント等、その他 3 次元モデルの属性を変更する様々な処理を含むものである。本発明の要旨を判断するためには、冒頭に記載した特許請求の範囲の欄を参酌すべきである。

【 0 1 0 1 】

【発明の効果】

以上、説明してきたように、本発明の 3 次元モデル処理装置および 3 次元モデル処理方法によれば、ディスプレイに表示された処理ツール、あるいは処理ツールの近傍に作用点、または作用領域を設定して、設定した作用点または作用領域と、処理対象の 3 次元モデルとの重なり領域を変形処理領域として設定する構成としたので、3 次元モデルの処理に不慣れなユーザにとっても処理対象となる位置を容易に特定可能となり、オペレータの意思に沿った処理が容易に実行できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の 3 次元モデル処理装置のハードウェア構成を示すブロック図である。

【図 2】

本発明の 3 次元モデル処理装置における表示態様、およびセンサの構成例を示す図である。

【図 3】

本発明の 3 次元モデル処理装置における変形サブルーチンの処理フローを示す図である。

【図 4】

本発明の 3 次元モデル処理装置におけるツールと作用点について説明する図である。

【図 5】

本発明の 3 次元モデル処理装置におけるツールに設定した作用点による変形処理の具体的な例を示す図である。

【図 6】

本発明の 3 次元モデル処理装置における作用点として設定される表面点の表面点移動処理の概要を説明する図である。

【図 7】

本発明の 3 次元モデル処理装置における表面点サブルーチンの処理フローを示す図である。

【図 8】

本発明の 3 次元モデル処理装置における表面点生成サブルーチンの処理フローを示す図である。

【図 9】

本発明の 3 次元モデル処理装置における表面点生成サブルーチンの処理フローを適用したモデルを示す図である。

【図 10】

本発明の 3 次元モデル処理装置における表面点更新サブルーチンの処理フローを示す図である。

【図 1 1】

本発明の 3 次元モデル処理装置における表面点更新サブルーチンの処理フローを適用したモデルを示す図である。

【図 1 2】

本発明の 3 次元モデル処理装置における押し引き変形ツールによる処理フローを示す図である。

【図 1 3】

本発明の 3 次元モデル処理装置における変形処理態様として適用可能な F F D 処理を説明する図である。

【図 1 4】

本発明の 3 次元モデル処理装置におけるピンチツールの作用点を説明する図である。

【図 1 5】

本発明の 3 次元モデル処理装置における押し込みツールによる処理フローを示す図である。

【図 1 6】

本発明の 3 次元モデル処理装置におけるスプレーツールの作用領域を説明する図である。

【図 1 7】

本発明の 3 次元モデル処理装置におけるスプレーツールによる処理を説明する処理フロー図である。

【図 1 8】

本発明の 3 次元モデル処理装置におけるスプレーツールによる処理態様を説明する図である。

【図 1 9】

本発明の 3 次元モデル処理装置におけるなめしツールの作用領域を説明する図である。

【図 2 0】

本発明の 3 次元モデル処理装置におけるなめしツールによる処理態様を説明す

る図である。

【図 2 1】

本発明の 3 次元モデル処理装置におけるなめしツールによる処理を説明する処理フロー図である。

【図 2 2】

本発明の 3 次元モデル処理装置における削り取りツールによる処理態様（その 1）を説明する図である。

【図 2 3】

本発明の 3 次元モデル処理装置における削り取りツールによる処理態様（その 2）を説明する図である。

【図 2 4】

本発明の 3 次元モデル処理装置における削り取りツールによる処理を説明する処理フロー図である。

【符号の説明】

- 1 0 1 演算処理回路
- 1 0 2 プログラムメモリ
- 1 0 3 データメモリ
- 1 0 4 フレームメモリ
- 1 0 5 画像表示装置
- 1 0 6 入力装置
- 1 0 7 外部記憶装置
- 1 0 8 バス
- 2 0 1 3 次元モデル
- 2 0 2 ツール
- 2 0 3 モニタ
- 2 0 4 3 次元モデル操作用 3 次元センサ
- 2 0 5 ツール操作用 3 次元センサ
- 2 0 6 ボタン
- 4 0 1 3 次元モデル

4 0 2 ツール
4 0 3 作用点
6 0 1 3 次元モデル
6 0 2 作用点
9 0 1 参照点
9 1 0 結線
9 5 0 表面点
1 1 0 1 3 次元モデル
1 1 0 2 表面点
1 1 0 3 参照点
1 1 0 4 法線方向移動後の移動表面点
1 1 0 5 表面点
1 3 0 1 変形の範囲を表すパラメータ
1 3 0 2 線分
1 3 0 3 変形中心
1 3 0 4 変形の方法と強さを示す点
1 4 0 1 3 次元モデル
1 4 0 2 ツール
1 4 0 3 3 次元モデル操作 3 次元センサ
1 4 0 4 ツール操作 3 次元センサ
1 4 1 0 作用点
1 6 0 1 変形領域
1 6 0 2 長さ
1 6 0 3 角度
1 6 0 4 作用領域
1 6 0 5 3 次元モデル
1 6 0 6 スプレーツール
1 9 0 0 なめしツール
1 9 0 1 作用領域

2 0 0 1 3 次元モデル表面

2 2 0 1 削り取りツール

2 2 0 2 3 次元モデル

2 2 0 3 凹部

2 3 0 1 削り取りツール

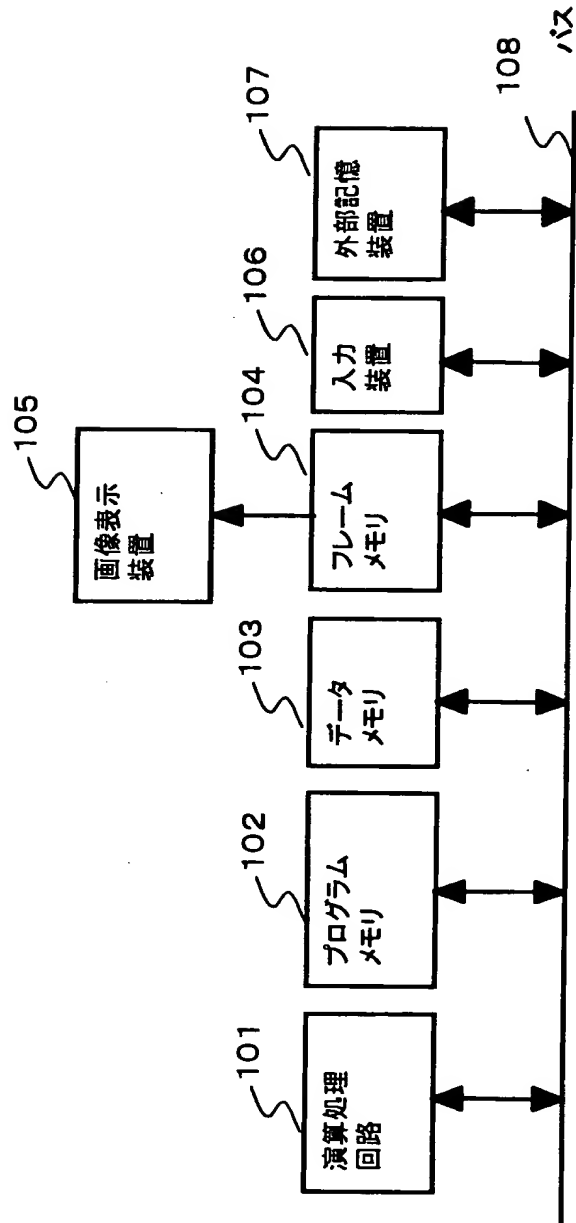
2 3 0 2 3 次元モデル

2 3 0 3 切り込み

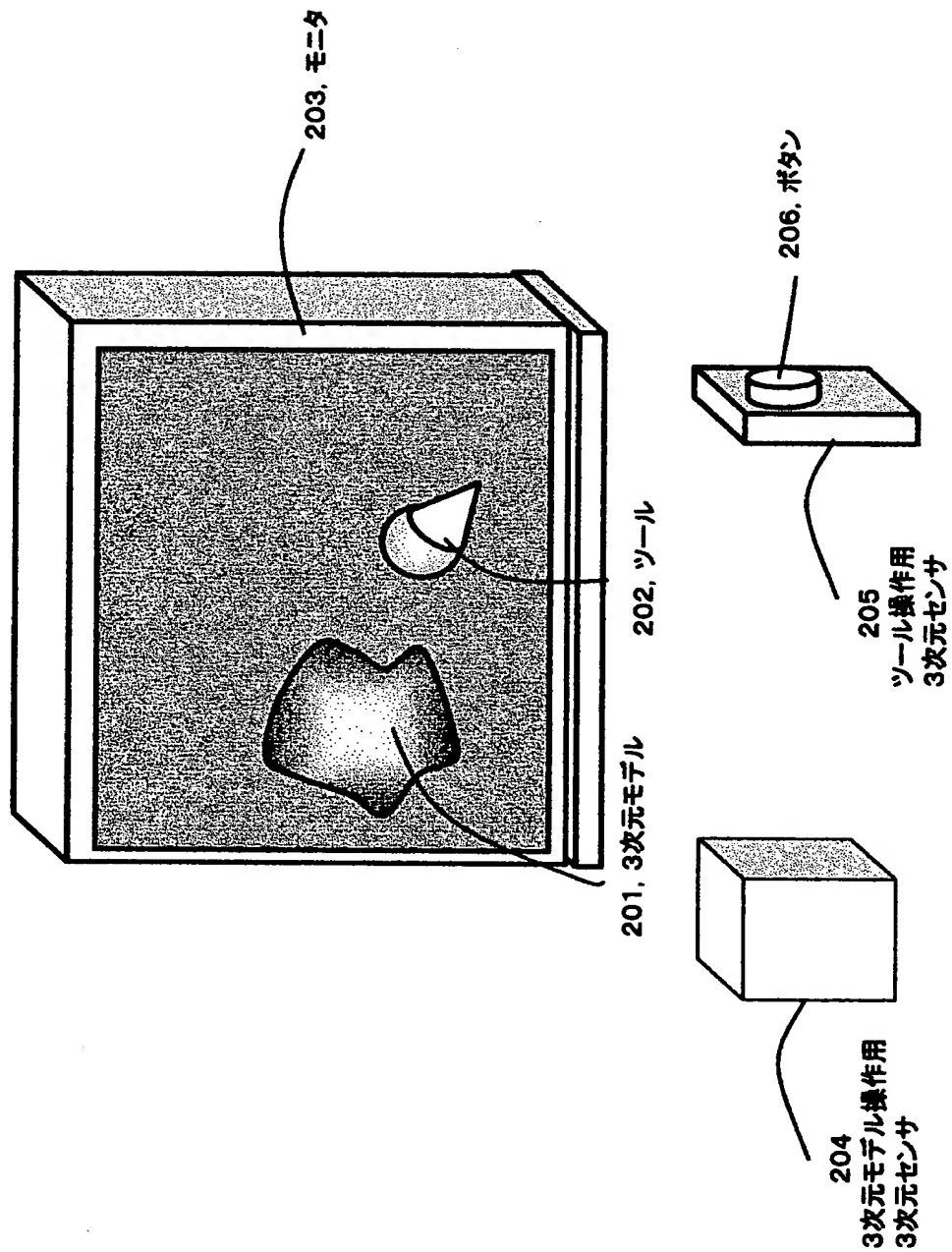
【書類名】

図面

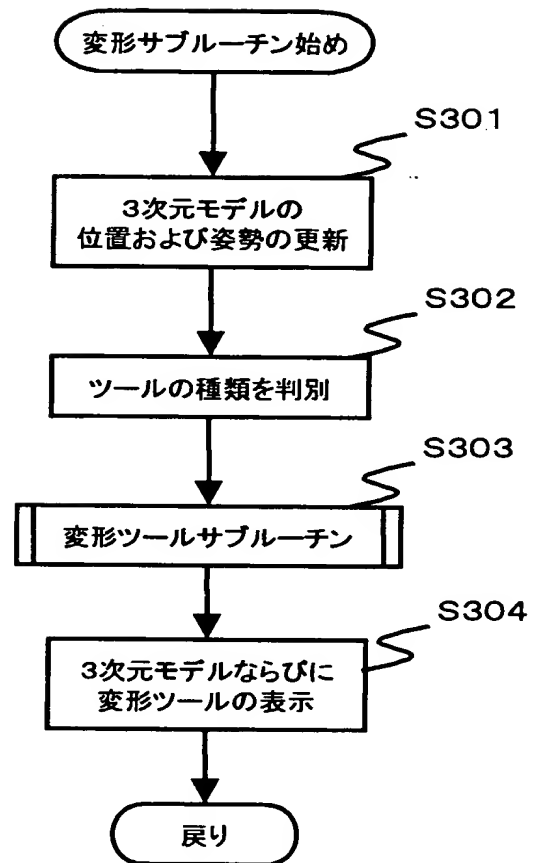
【図 1】



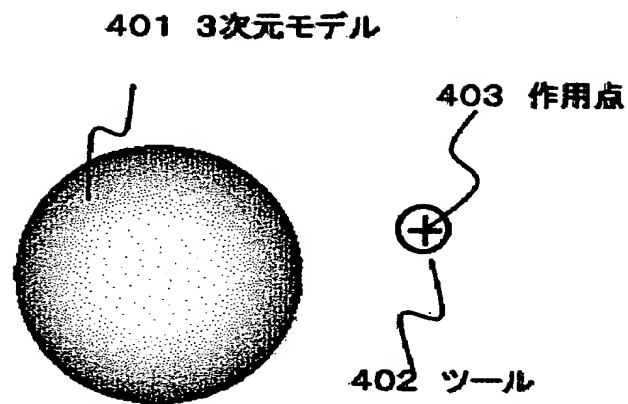
【図 2】



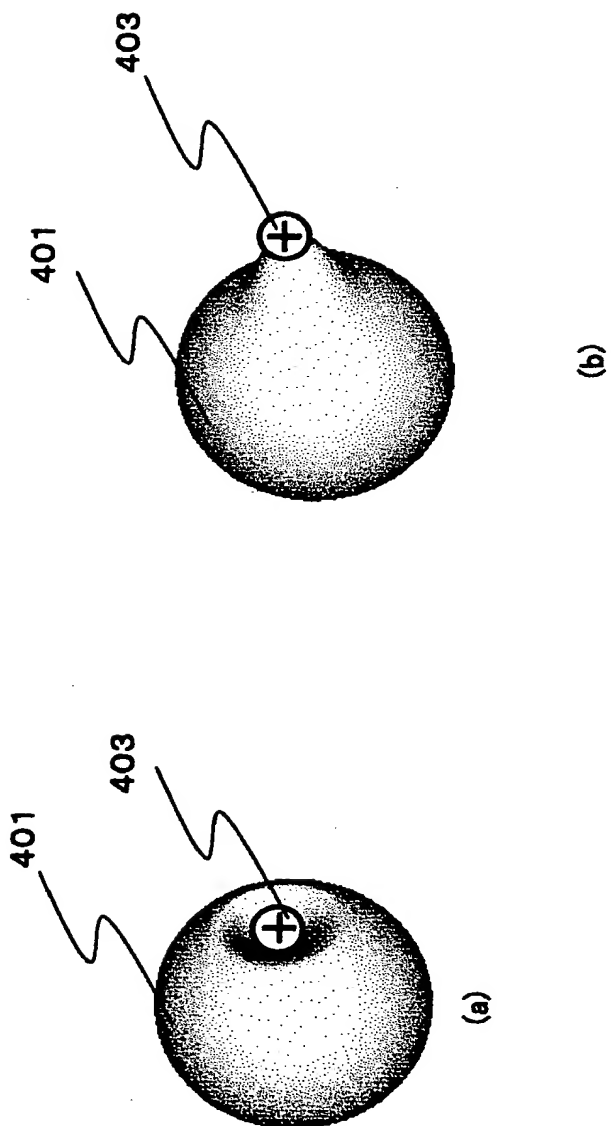
【図 3】



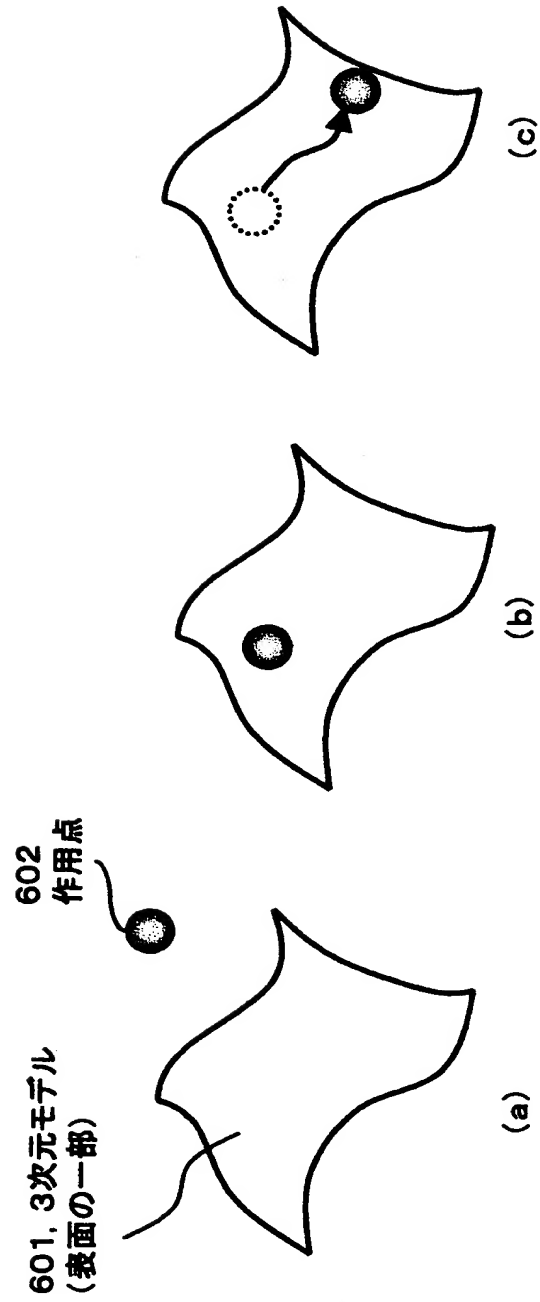
【図 4】



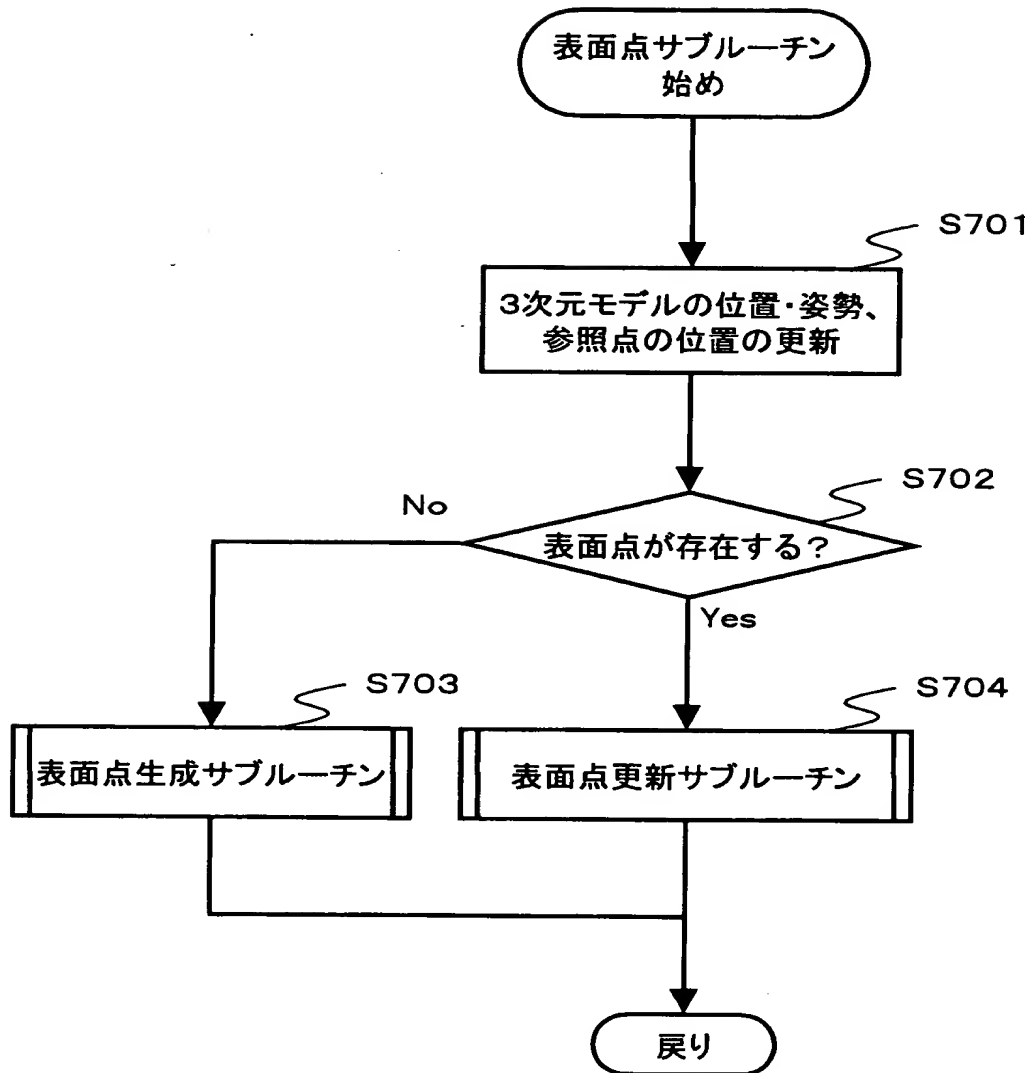
【図 5】



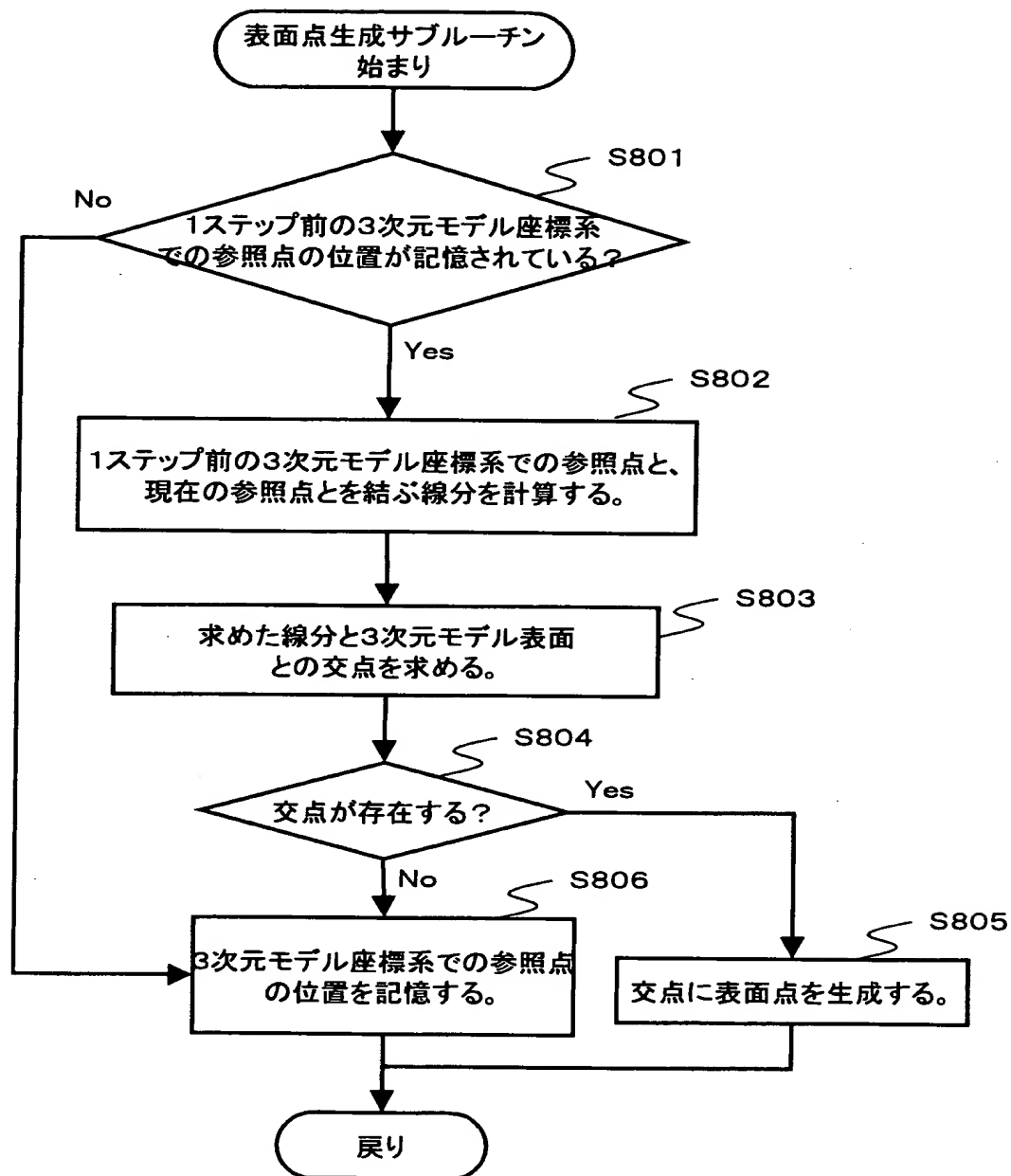
【図 6】



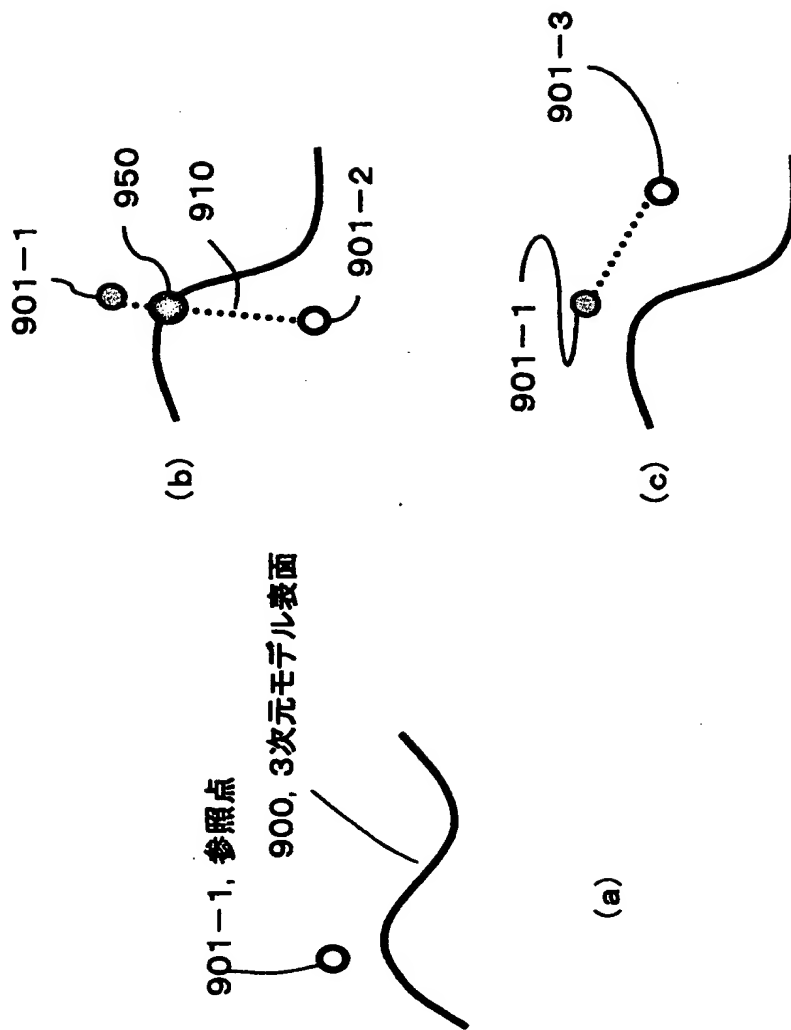
【図 7】



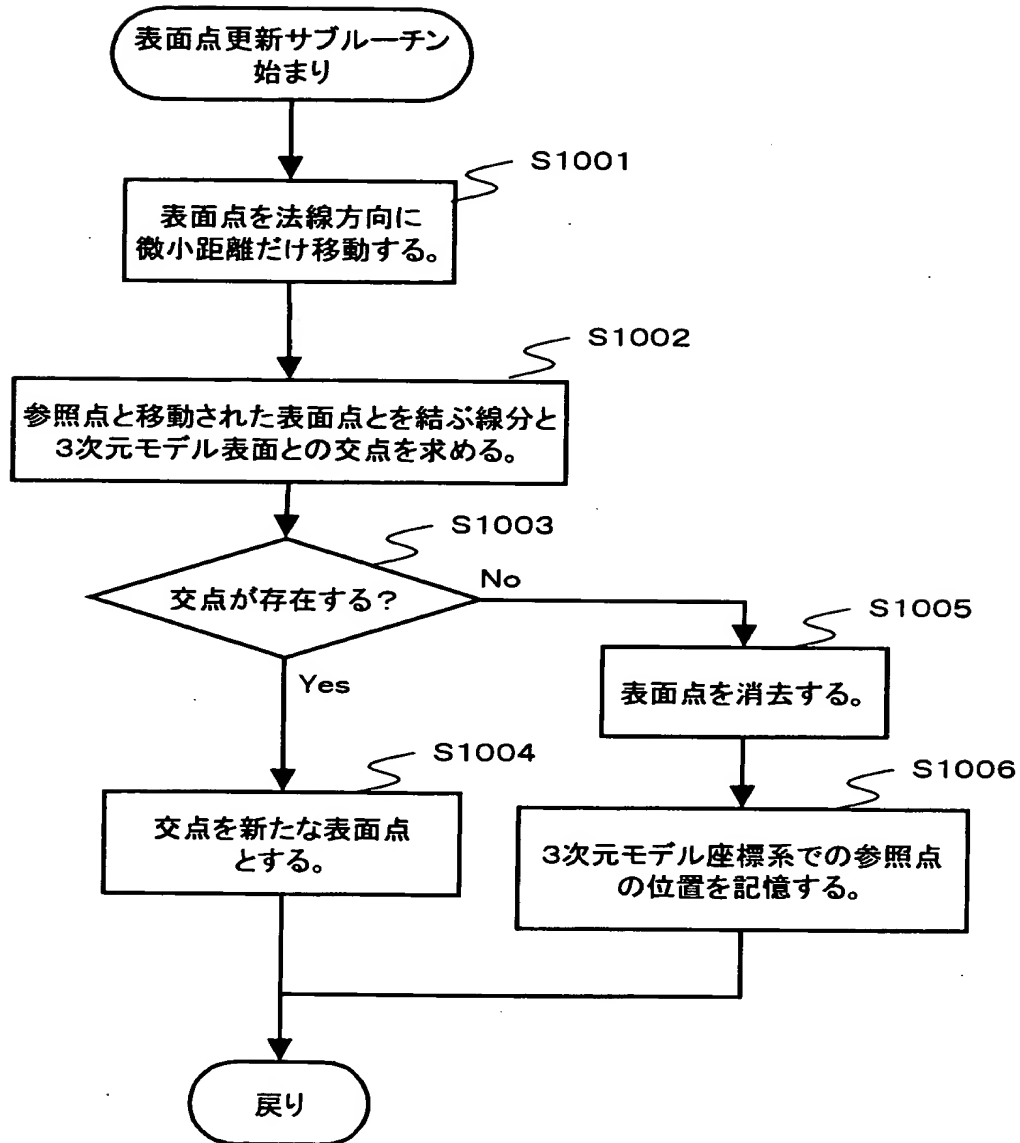
【図 8】



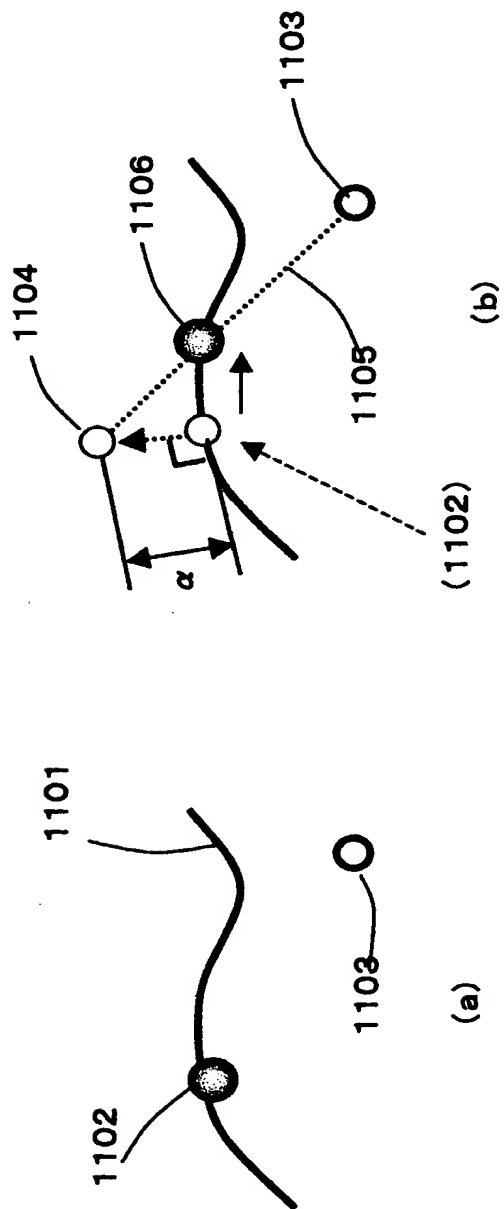
【図 9】



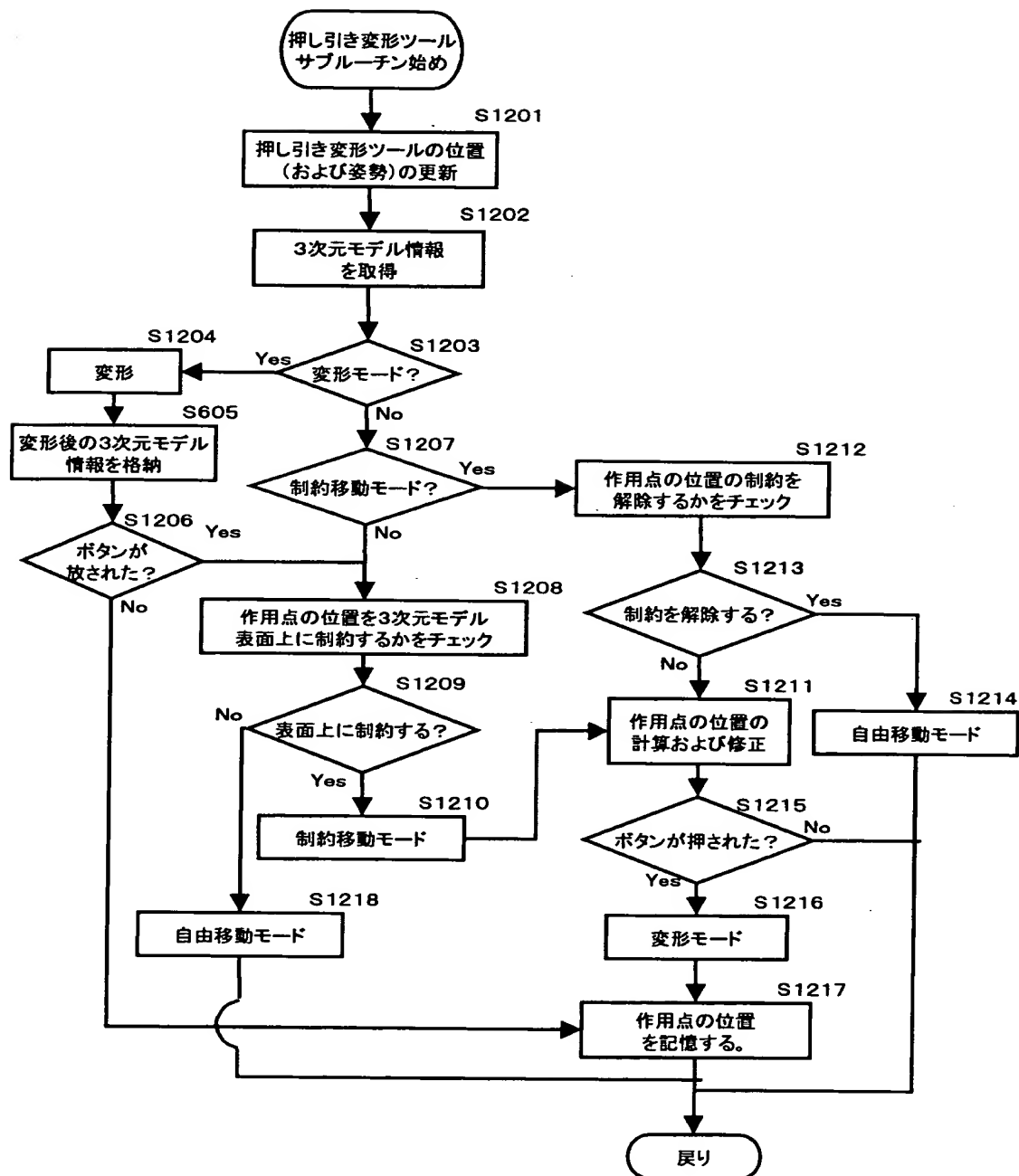
【図 1 0】



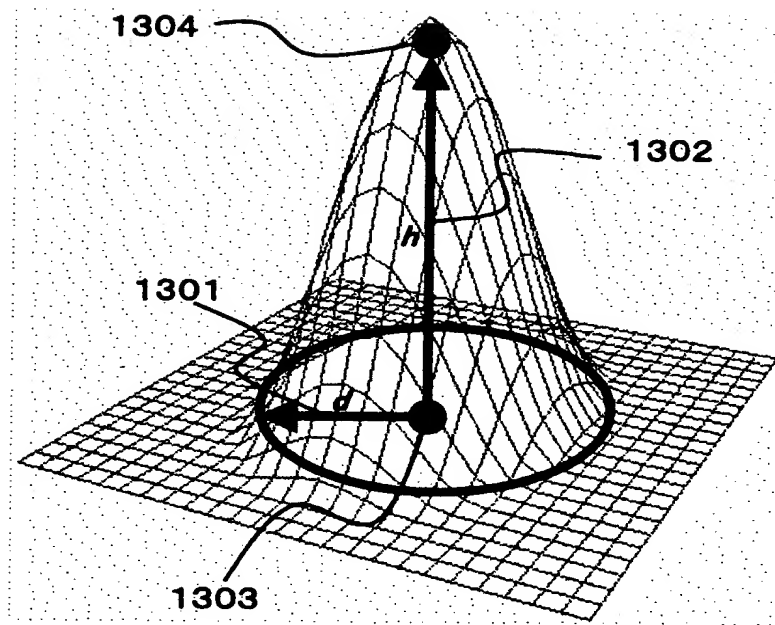
【図 1 1】



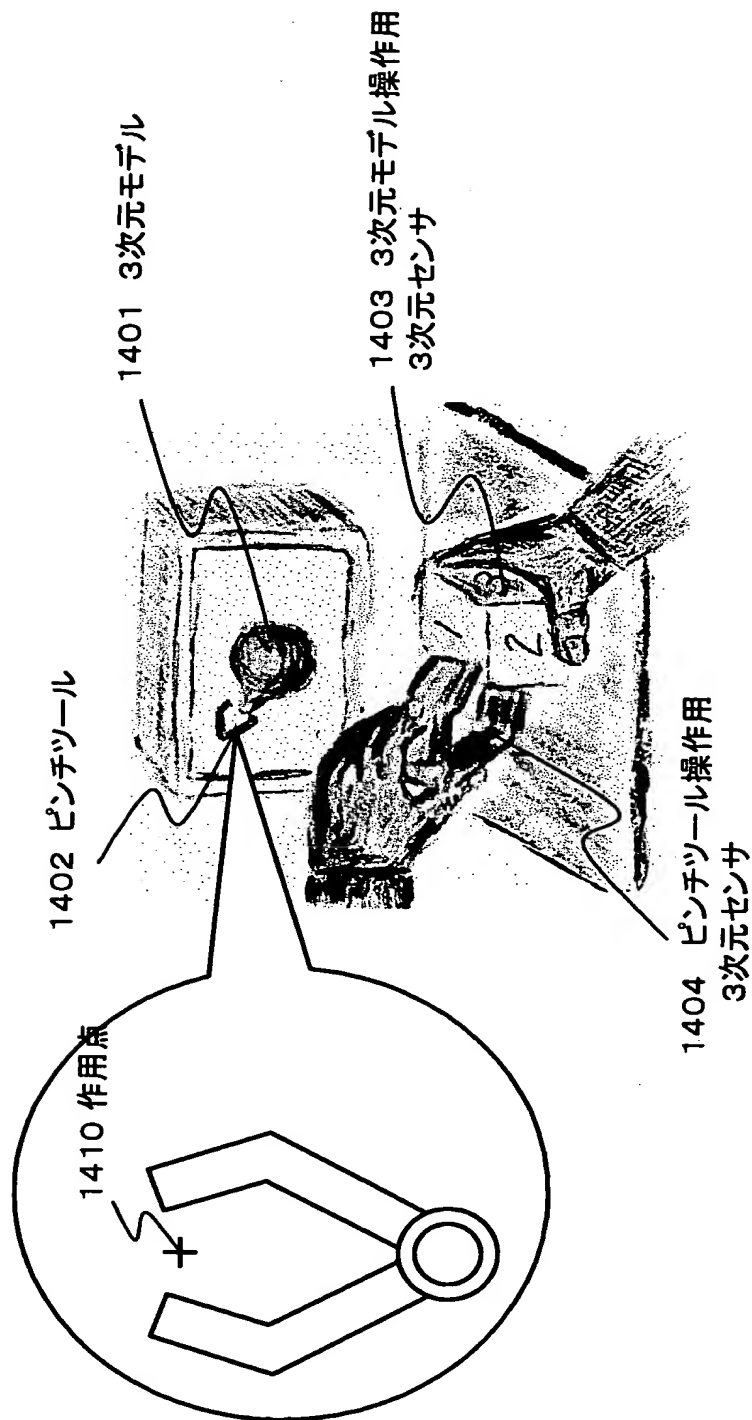
【図 12】



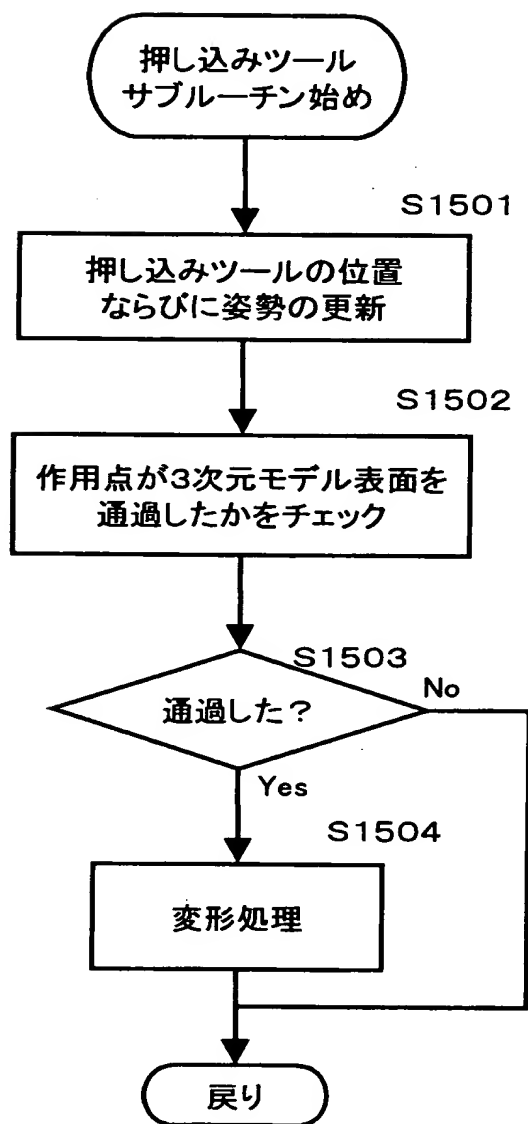
【図 1 3】



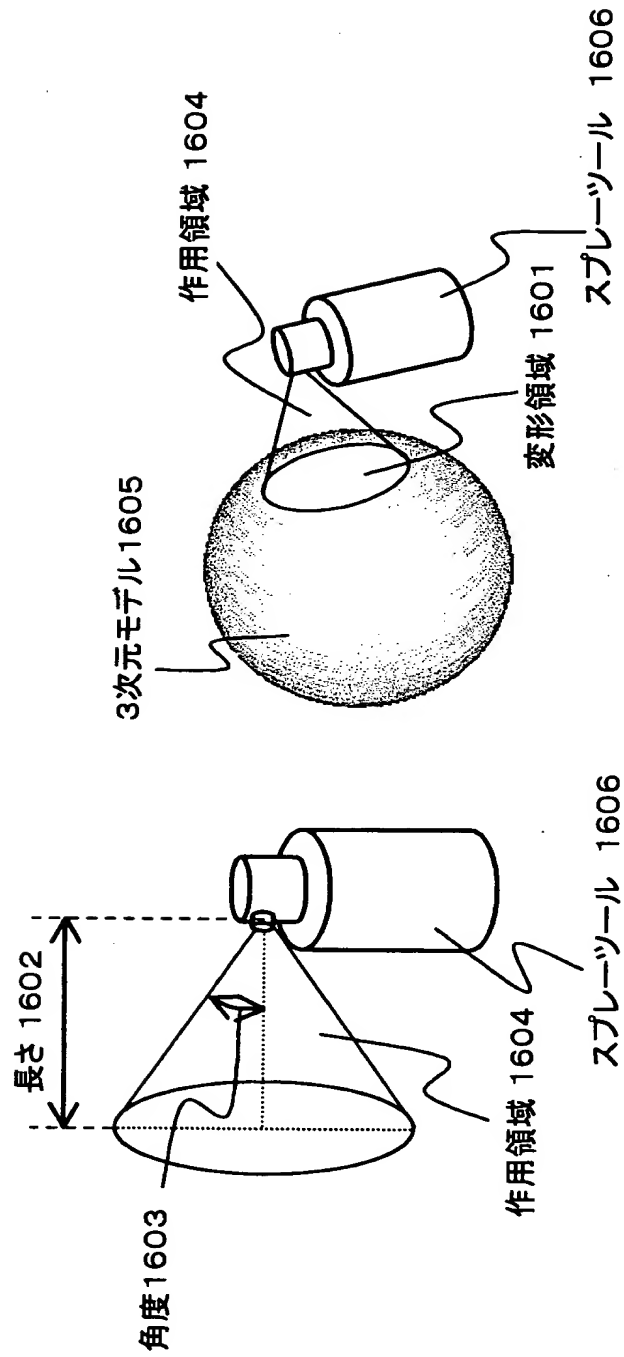
【図 14】



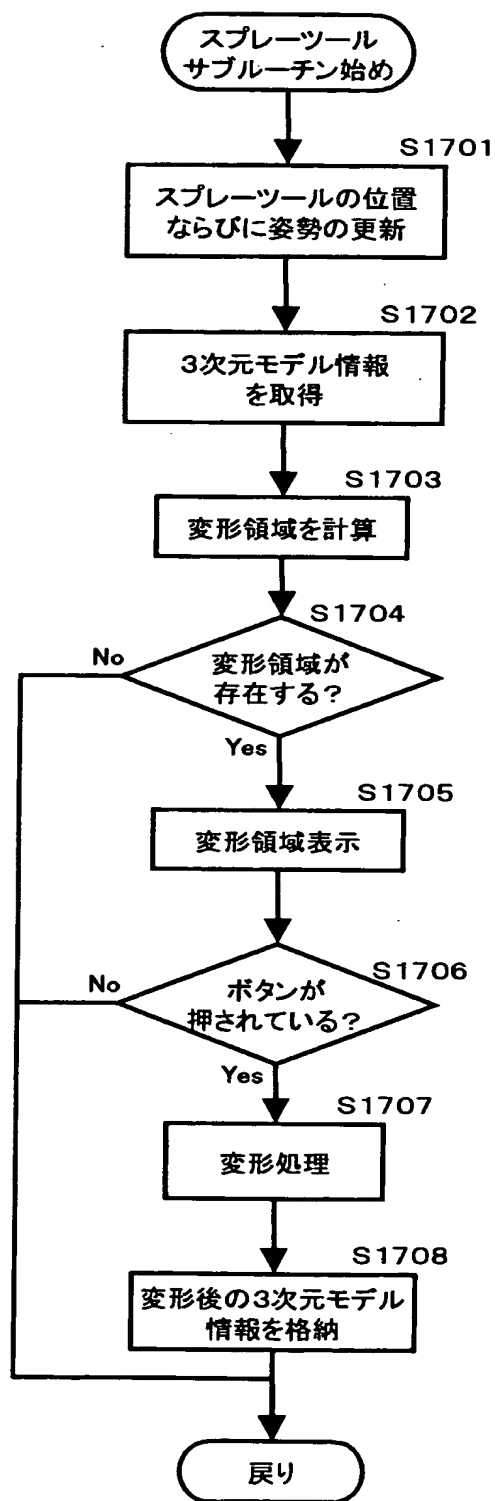
【図 1 5】



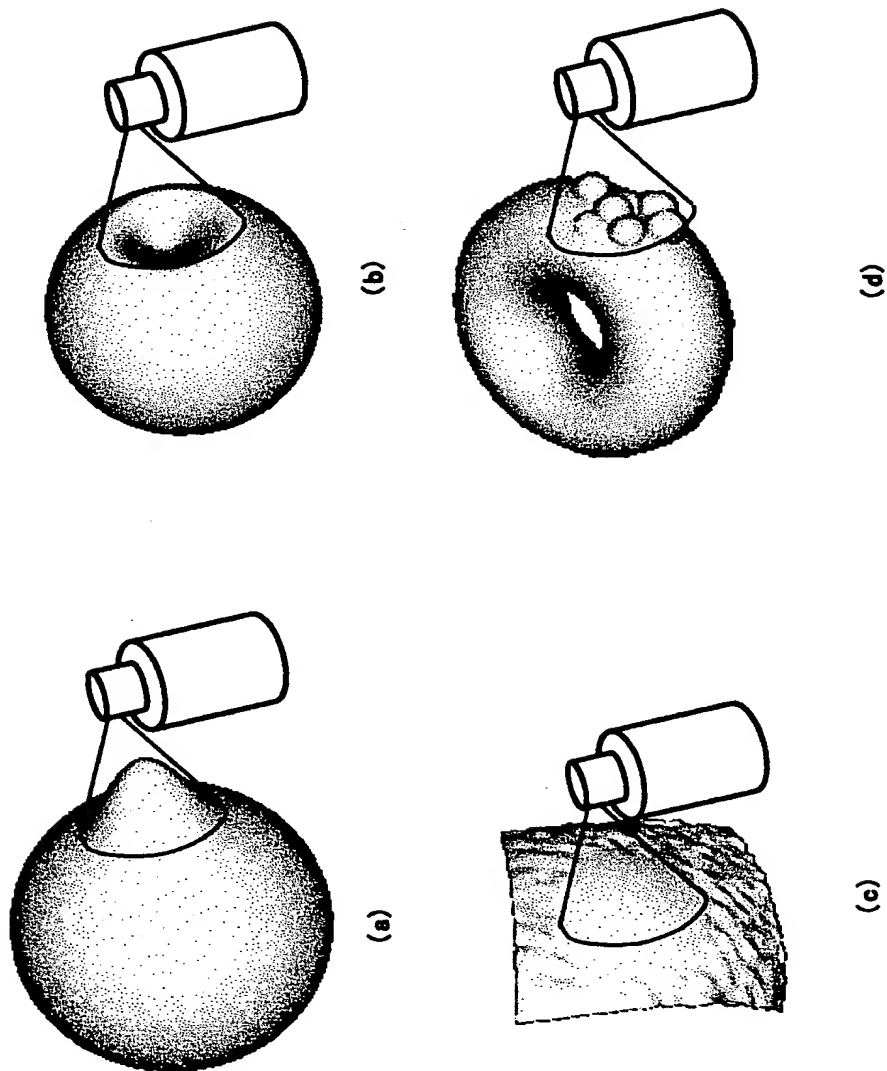
【図16】



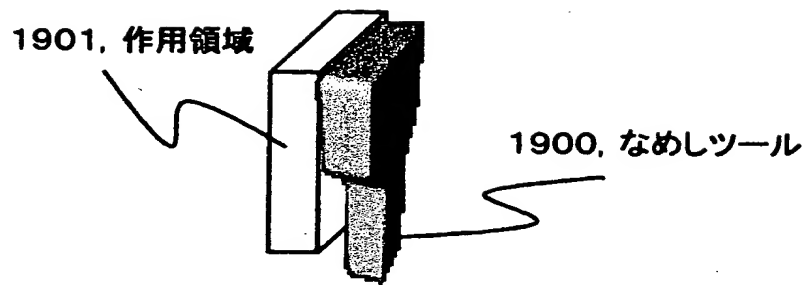
【図 1 7】



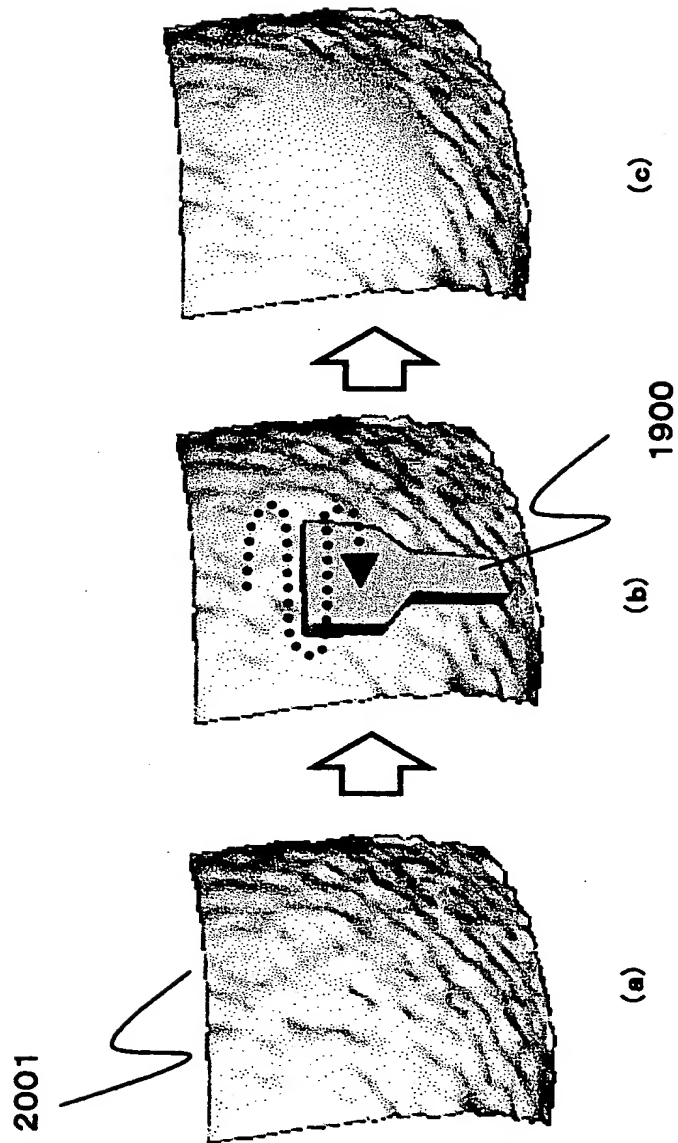
【図18】



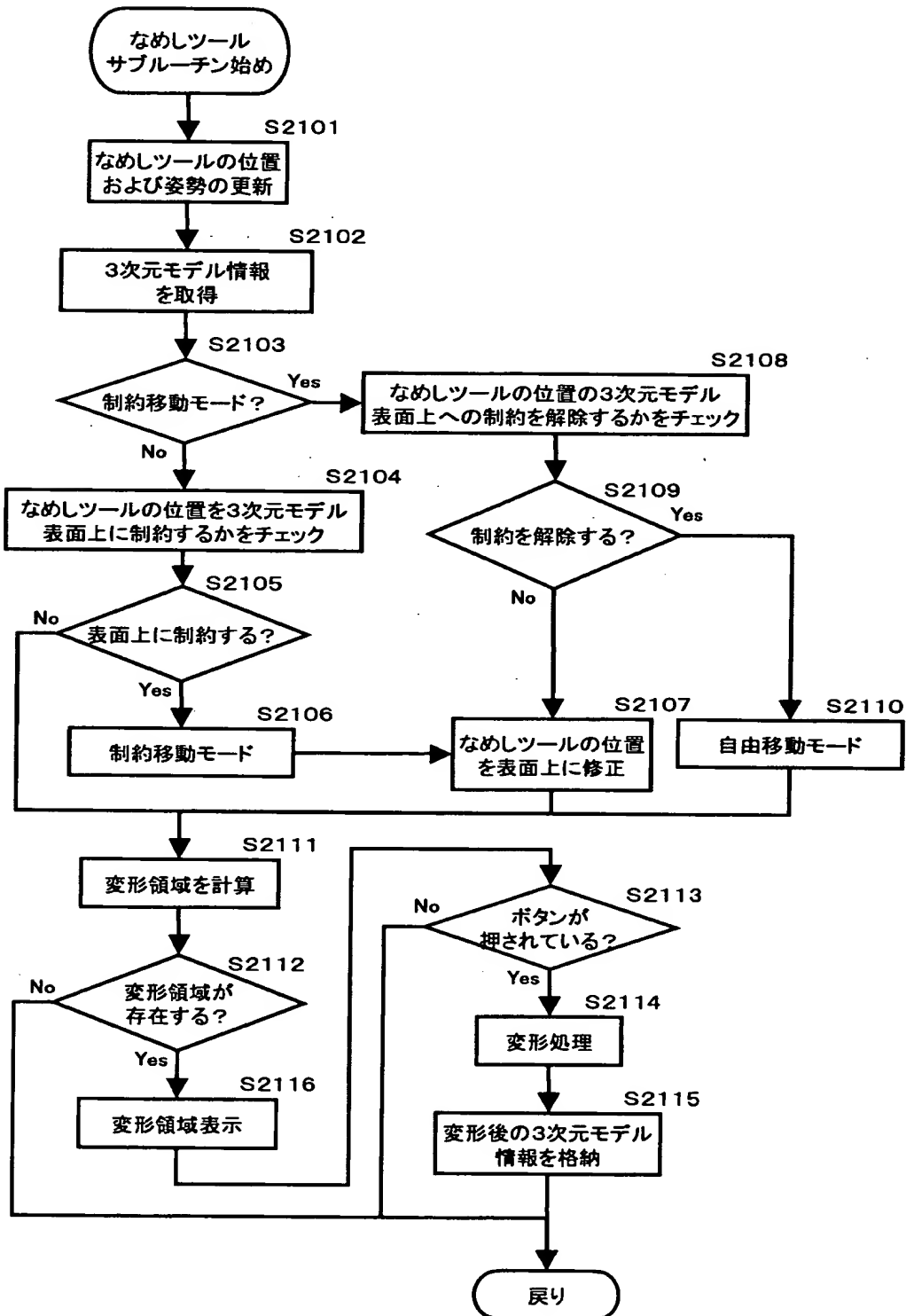
【図 1 9】



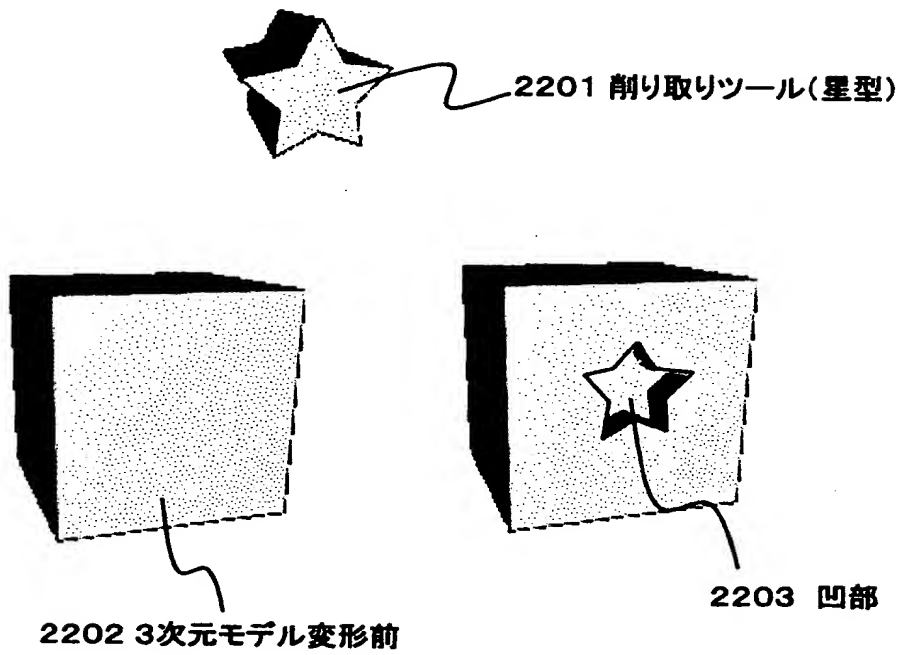
【図 2 0】



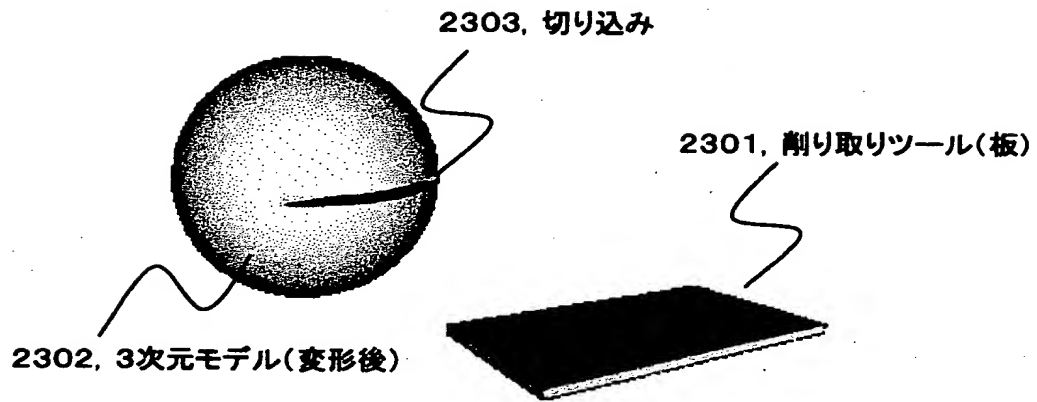
【図 2 1】



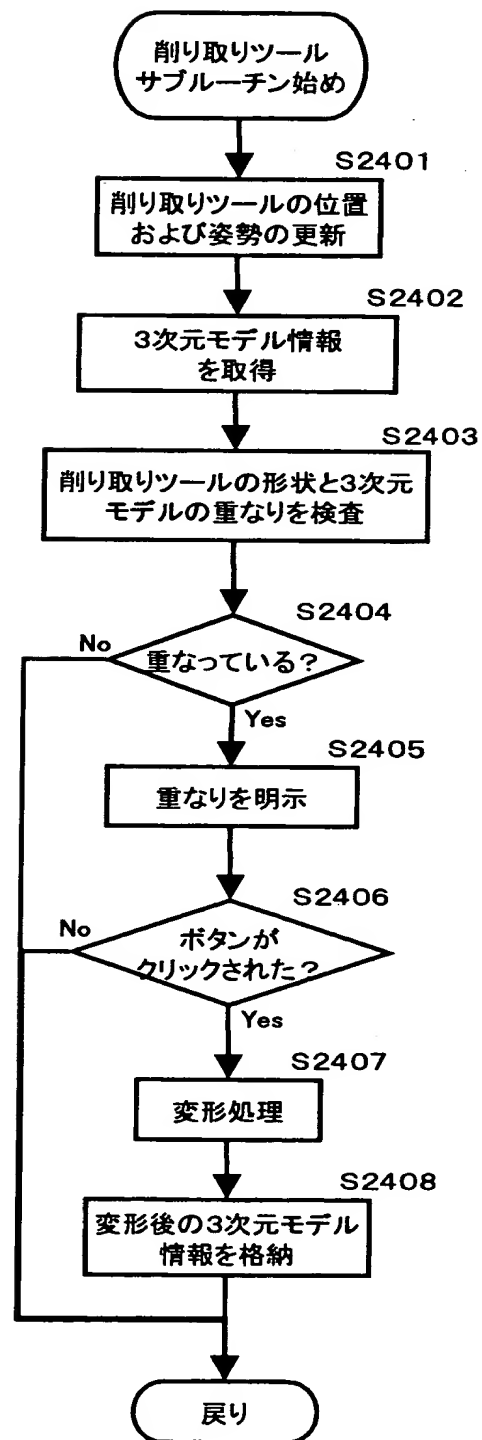
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 容易な操作によって 3 次元モデルの表面に対する様々な変形処理を実行可能な 3 次元モデル処理装置を提供する。

【解決手段】 3 次元モデルに対し凸部、へこみ、切り込み等の変形処理を実行するな処理ツールを 3 次元モデルに接触あるいは近づけることにより変形処理を行なう構成において、ディスプレイに表示された処理ツール、あるいは処理ツールの近傍に作用点、または作用領域を設定して、設定した作用点または作用領域と、処理対象の 3 次元モデルとの重なり領域を変形処理領域として設定する。凸部、へこみ、切り込み等の変形処理は、変形領域において実行されるので、3 次元モデルの処理に不慣れなユーザも処理位置が容易に特定でき、オペレータの意思に応じた処理が容易に実行できる。

【選択図】 図 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名	ソニー株式会社